تقـديـم:

مادة الإنشاء المعماري هي في تعبير بسيط البحث عن كل ما يمكن استخدامه من مواد البناء والإنشاء سواء كانت طبيعية أو صناعية، ومعرفة طبيعتها وخصائصها من حيث قدرتها على مقاومة الرطوبة أو المياه أو الحرارة أو الصوت أو الضوء أو الإشعاعات أو الصدأ ومدى تطبيقاتها واستخداماتها في المباني ذات الاستعمالات المختلفة بأيسر الطرق وأرخص التكاليف في أحسن صورة وبالأسلوب الإنشائي المناسب، وذلك لتحقيق أقصى قدر من المنفعة العامة وسبل الراحة في الاستخدام.

ومما يساعد على الاستعمال المناسب لمواد البناء الإلمام بالتكنولوجيا الحديثة لعملية تشييد المباني، إذ أن اختيار المواد المستعملة في البناء تؤثر في الغالب على طريقة إنشاء المبنى، وكذلك تساعد على استنباط بدائل فنية متعددة واختيار أنسب الطرق لتنفيذها وإدارتها.

ولغة المهندس في التعبير عن أفكاره وتصوراته هي الرسم، ويتوقف إمكانية تنفيذ أي منشأ في الطبيعة على قدر إتقان الرسومات التنفيذية والتفصيلية ودقة أبعادها ووضوحها وأسلوب التعبير عن مواد البناء المستخدمة.

وتقسم المباني من حيث الاستعمال إلى:

- مباني سكنية، سواء كانت عمارات أو أبراج سكنية أو فيلات.
- مباني تجارية، وهي التي تحتوى على المكاتب الإدارية والعيادات والمحلات التجارية.
- مباني عامة، مثل المدارس والجامعات والمستشفيات دور العبادة ودور السينما والمسرح والمطاعم والنوادي ...الخ.
- مباني صناعية: مثل المصانع والورش الصناعية.

1- مراحل إنشـاء المبنـى:

يمر المبنى بعدة مراحل حتى يظهر إلى حيز الوجود ويمكن استخدامه كما يلي:

- مرحلة التصميم والرسومات الابتدائية.
- مرحلة الرسومات التنفيذية وإعداد المستندات.
- مرحلة تنفيذ المبنى.
- مرحلة الاستعمال والصيانة.

1-1- مرحلة التصميم والرسومات الابتدائية:

عندما يزمع بإقامة مشروع ما (مبنى أو عدة مباني) على قطعة أرض فضاء في موقع ما فإنه تدخل في المشروع الواحد عادة تخصصات هندسية مختلفة مرتبطة بإنشاء المبنى مثل الهندسة الإنشائية والمدنية والصحية والميكانيكية والطبية والكهربائية ... الخ، ويجب على المهندس المعماري أن يجمع احتياجات هذه التخصصات على هيئة طلبات ابتدائية محددة، من حيث علاقات العناصر مع بعضها البعض والمساحات والارتفاعات والمتطلبات الخاصة في الإضاءة والتهوية ...الخ.

ويتضح مدى تعاون المهندس المعماري مع التخصصات المختلفة في المباني ذات الاستعمالات المختلفة في النقاط التالية.

1-1-1- في المباني السكنية والتجارية:

يتم التعاون بين المهندس المعماري والمهندس المدني (الإنشائي)، فبينما يحدد المهندس المعماري التوزيع الداخلي للمباني والمساحات اللازمة لكل عنصر أو فراغ والارتفاعات المطلوبة، يحدد المهندس المدني طريقة الإنشاء ومواضع الأعمدة والنظم الاستاتيكية الابتدائية لأجزاء المبنى المختلفة حتى يضمن لاقتصاد في الإنشاء مع سهولته وسلامته.

1-1-2- في المباني العامة:

يتم التعاون بين المهندس المعماري والمهندس المدني بالاشتراك مع المختصين في المجالات المختلفة طبقا لاستعمال المبنى وإدارته، وقد يشمل هذا التعاون مع الاختصاصات الطبية عند تصميم مستشفي مثلا، ومع الاختصاصات الميكانيكية عند عمل محطة قوى للمشروع ومع الاختصاصات الكهربائية عند عمل المصاعد المحولات للمبنى.

1-1-3- في المباني الصناعية:

يتم التعاون بين المهندس المعماري والمهندس المدني ومهندس الصناعة المختص حسب نوع الصناعة المطلوبة وحجمها، إذ أن الأخير يحدد خطوات وطريقة التصنيع والمساحات والارتفاعات اللازمة لكل مرحلة من مراحل التصنيع، وكذلك يحدد ما تحتاجه من الإضاءة والتهوية...إلخ.

توضح الرسومات الخاصة بتصميم المبنى الفكرة الأساسية للمصمم من حيث توزيع العناصر المعمارية بالمبنى، وتحديد عدد الأدوار، بدون أي أبعاد تنفيذية، وتشتمل تلك الرسومات على الموقع العام والمساقط الأفقية والواجهات والقطاعات الرأسية.

1-2- مرحلة الرسومات التنفيذية وإعداد المستندات:

وهي المرحلة التي تلي مرحلة التصميم والرسومات الابتدائية الخاصة بتصميم المبنى حيث يتم على أساسها تحديد طريقة الإنشاء وتسلسل عمليات البناء.

وتشتمل الرسومات التنفيذية على اللوحات الآتية:

- الموقع العام، وهو يحدد موقع المبنى بالنسبة للشوارع أو قطع الأراضي أو المباني المحيطة به، وكذلك اتجاه الشمال.
- المساقط الأفقية للأدوار المختلفة التي يتكون منها المبنى، ويكون موضحا عليها جميع الأبعاد التنفيذية والمناسيب المعمارية.
- الواجهات المختلفة التي تحدد عدد الأدوار التي يتكون منها المبنى، سواء الواجهات المطلة على الشوارع العامة أو على المطلات الخاصة، ويكون موضحا عليها جميع الأبعاد التنفيذية والمناسيب المعمارية وأنواع التشطيبات واتجاه فتح الأبواب والشبابيك.
- القطاعات الرأسية المختلفة التي تبين أماكن البروزات أو الردود والمناسيب، ويكون موضحا عليها جميع الأبعاد التنفيذية والمناسيب المعمارية وأنواع التشطيبات.
- الرسومات الإنشائية وهي تختص بالعناصر الإنشائية المكونة للمبنى وتتكون من المساقط الأفقية والقطاعات الرأسية والتفصيلية لعناصر المبنى الإنشائية من أسقف وكمرات وأعمدة أو حوائط وأساسات.
- ملحوظة: ترسم الرسومات المذكورة سابقا بمقاييس رسم مختلفة تتراوح بين(1 :400)، (1 :200)، (1 :100)، (1 :50).
- الرسومات التفصيلية وهي تختص بجميع تفاصيل المبنى التي تحتاج زيادة إيضاح سواء كانت عناصر معمارية أو إنشائية وهي يمكن أن تشتمل على مساقط أفقية وواجهات وقطاعات راسية. وترسم هذه الرسومات بمقاييس رسم مختلفة تتراوح بين (1 :20) ، (1 : 10)، (1 : 5)، (1 : 2)، وأحيانا بالحجم الطبيعي (1 :1).

ويجب أن يكون المهندس المصمم سواء كان معماري أو إنشائي على دراية كافية بجميع التفاصيل الإنشائية والعناصر المكونة لها وأبعادها والمتداول منها في الأسواق، حيث يوضع ذلك في الاعتبار عند تصميم المبنى. وتعتبر وضوح ودقة الرسومات التنفيذية وشمولها على التفاصيل الدقيقة من العوامل الرئيسية التي تساعد على سهولة وسرعة تنفيذ المبنى.

1-2-1- الاصطلاحات المستخدمة في الرسومات التنفيذية:

بما أن أسلوب المهندس المعماري في التعبير كما ذكرنا سابقا هو الرسم، فقد أصطلح على التعبير عن الرسومات المختلفة ومواد البناء المستخدمة في الإنشاء باصطلاحات عامة كما يلي وكما بالشكل رقم (1) :

- اصطلاحات خطوط الرسم بأنواعها ودرجاتها المختلفة.
- اصطلاحات مواد البناء (الطوب – الحجر – الطين – الخرسانة العادية – الخرسانة المسلحة – الرمل –الخشب – الزجاج...إلخ).
- اصطلاحات الأبواب والشبابيك وطريقة فتحها.
- اصطلاحات التركيبات الكهربائية.
- اصطلاحات التركيبات الصحية.

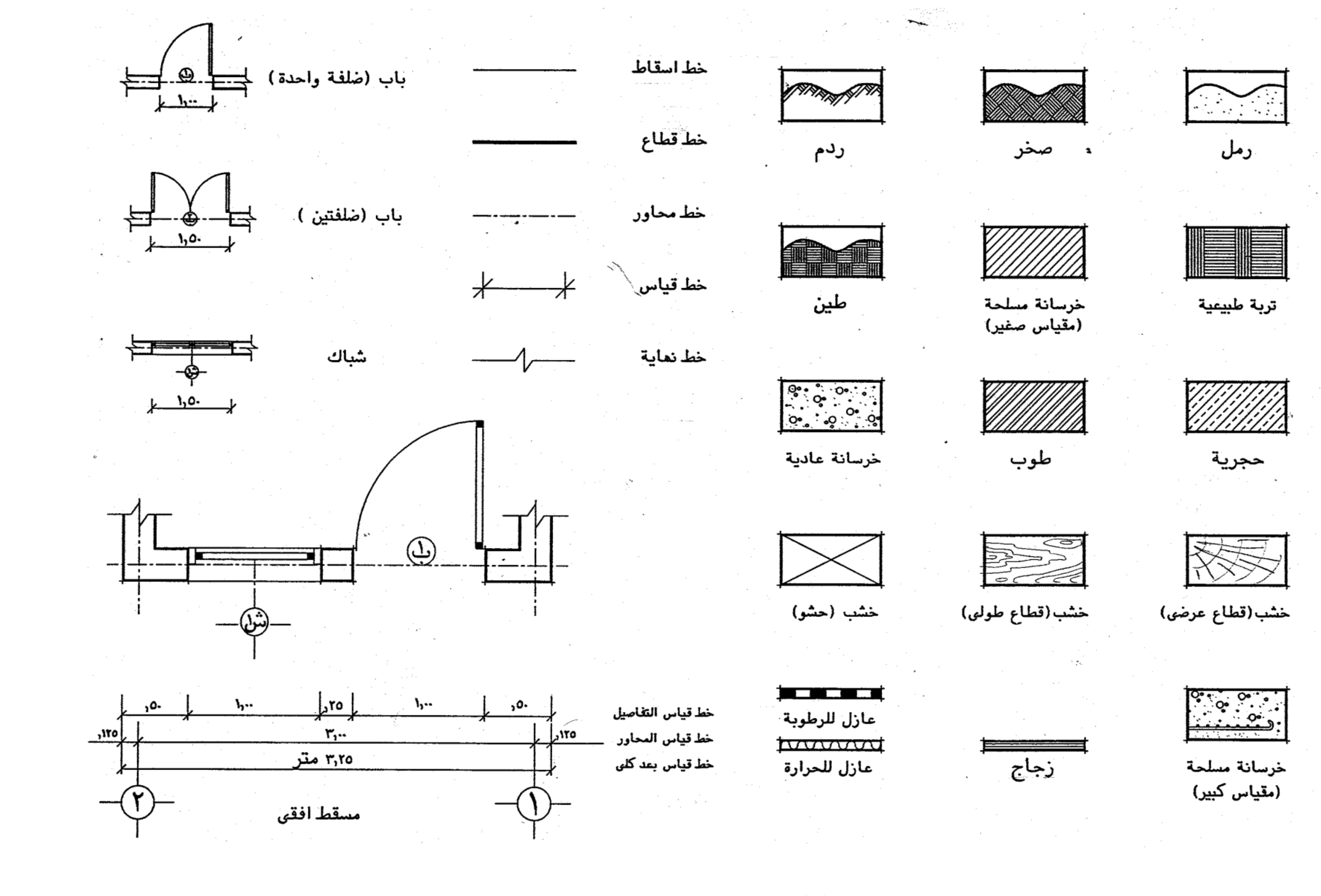
2-2-1- المستندات المطلوبة قبل مرحلة تنفيذ المبنى:

بعد إتمام الرسومات التنفيذية يقوم المهندس بإعداد المستندات المطلوبة قبل مرحلة تنفيذ المبنى وهي: المقايسة الابتدائية، دفتر الشروط وطرح العطاء في المناقصة.

1-2-2-1- المقايسة الابتدائية:

يجب على المهندس أن يقوم بحساب (حصر) كميات الأعمال بالمشروع ثم تقدير أثمان وحداتها المختلفة، حيث تكون في مجموعها ما يعرف بالمقايسة الابتدائية والتي على أساسها يتم اعتماد الميزانية اللازمة للمشروع ويكون حساب الكميات للأعمال المختلفة بإحدى الطرق التالية:

- **الأعمال التي تقاس بالحجم (المتر المكعب):** مثل أعمال الحفر والردم والخرسانة العادية والمسلحة والمباني سمك 25 سم فأكثر والمباني الدبش والتكسيات...إلخ.
- **الأعمال التي تقاس بالمسطح (متر مربع):** مثل أعمال المباني الطوب (القوا طيع سمك أقل من 25 سم، غالبا 12 سم)، وأعمال الدكات والطبقات العازلة والبلاط وأعمال الأرضيات والتشطيبات من دهانات وبياض...إلخ. وفي بعض الأحيان أعمال الكريتال والنجارة.
- **الأعمال التي تحسب بالعدد:** مثل الأبواب والشبابيك الخشب أو الكريتال، ومثل الأعمال الصحية (حوض – بانيو – مرحاض ...إلخ)، ومثل الأعمال الكهربائية (لمبات – أجراس – كشافات ...إلخ).
- **الإعمال التي تقاس بالمتر الطولي:** مثل أعمال المواسير والكابلات والأسلاك والتوصيلات الكهربائية وفي بعض الأحيان الدرابزينات والأسوار والوزرات.



شكل رقم (1) الاصطلاحات الهندسية المعمارية.

- **الأعمال التي تحسب بالوزن:** مثل أعمال الحديد والأبواب الصاج...إلخ.
- **أعمال المقطوعيات:** وهي الأعمال الغير واضحة كأعمال الإصلاح أو التي تدخل فيها الأعمال المختلفة والتي لا يمكن تقديرها.

1-2-2-2- دفتر الشروط وطرح العطاء في المناقصة:

بعد اعتماد ميزانية المشروع الابتدائية يطرح العطاء في مناقصة بين شركات المقاولات لكي تحدد أسعارا للأعمال المختلفة بالمشروع ويكون ذلك بعد اطلاعها على دفتر الشروط والرسومات التنفيذية، ويحتوى دفتر الشروط على ثلاث أجزاء كما يلي:

- **الاشتراطات العامة:** وهو عبارة عن جزء قانوني يحدد كيفية فتح المظاريف ومدة العملية وغرامات التأخير والتأمينات والاستلام الابتدائي والنهائي...إلخ.
- **الاشتراطات الخاصة:** وهي عبارة عن المواصفات الخاصة بكل من الأعمال الداخلة في المشروع وتشمل الطرق الصحيحة لصنع هذا العمل مع نسب المواد الداخلة في الاحتياجات الخاصة التي يتطلبها مهندس المشروع.
- **جدول الفئات:** وهو عبارة عن جدول، كما بالجدول رقم (1)، يوضع فيه بيان الأعمال وكمياتها التي سبق حسابها وتترك الفئة للمقاولين مقدمي العطاءات لوضعها بمعرفتهم بعد الاطلاع على الاشتراطات العامة والخاصة والرسومات التنفيذية. ويعتبر مجموع الأسعار الناتجة من ضرب كميات العطاء في الفئات المختلفة هو قيمة العطاء.

جدول رقم (1) جدول الفئات

بند	بيان الأعمال	الوحدة	الكمية	الفئة		الإجمالي	
				مليم	جنيه	مليم	جنيه
1							
2							

1-3 مرحلة تنفيذ المبنى:

يبدأ الشروع في تنفيذ المبنى بعد إتمام الرسومات التنفيذية واعتماد ميزانية المشروع ورسو العطاء على إحدى شركات المقاولات، وتتوقف عملية التنفيذ على الآتي:

- طريقة الإنشاء المتبعة في تنفيذ المبنى.
- تسلسل أعمال البناء.

1-4 مرحلة الاستعمال والصيانة:

بعد الانتهاء من عملية البناء واكتمال أعمال التشطيبات وإنهاء إجراءات الاستلام الابتدائي للمشروع من المقاول للمالك يكون المبنى جاهزا للاستخدام، وتأتى بعد ذلك مرحلة المحافظة على إجراء عمليات الصيانة الدورية للحفاظ على متانة المبنى وجماله.

ويركز مقرر الإنشاء المعماري للسنة الدراسية الأولى لطلبة العمارة على مرحلة تنفيذ المبنى خاصا بالنسبة للعناصر الأساسية الإنشائية المكونة لأي مبنى مع التعرض بالتمارين للرسومات التنفيذية الأساسية لهذه العناصر.

2- طرق الإنشاء وتسلسل أعمال البناء:

يتكون أي مبنى من عناصر إنشائية أساسية وظيفتها بالدرجة الأولى المحافظة على متانة المبنى ونقل الأحمال حتى منسوب التأسيس، ويمكن تقسم العناصر الإنشائية لأي مبنى إلى العناصر الأساسية الأتي:

- الأساسات.
- الحوائط (في حالة المباني الحوائط الحاملة)، و الأعمدة (في حالة الهياكل الإنشائية).
- الكمرات والأسقف.

2-1- طرق الإنشاء:

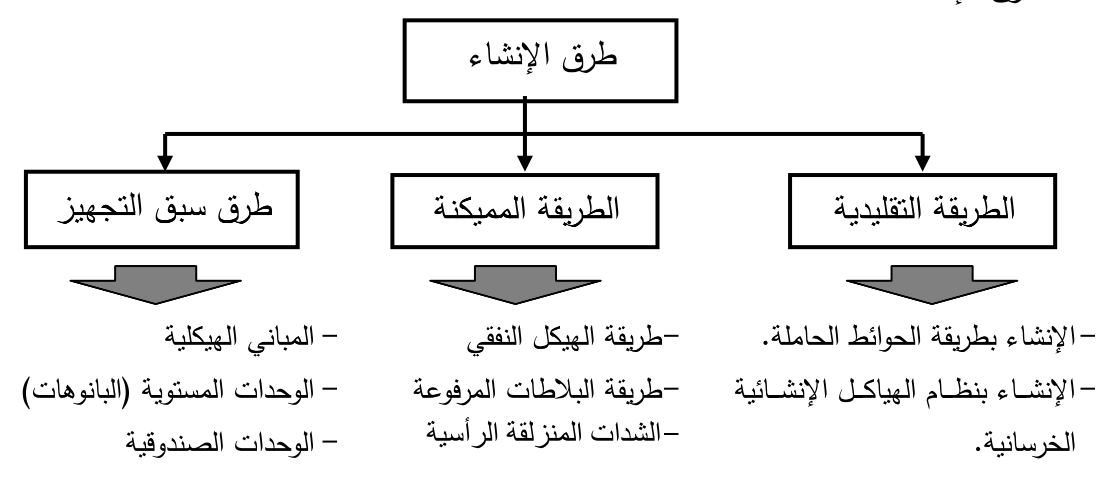
يوجد العديد من الطرق لتشييد المباني والتي تعتمد بصفة أساسية على شكل وتصميم المبنى مع الإمكانيات المتاحة من معدات التشييد وكذلك حجم المشروع والتمويل المتاح له بالإضافة إلى مدى توافر المستوى التكنولوجي والمهارى للعمالة الذي يمكن استخدامه، ويمكن تقسيم هذه الطرق إلى ثلاثة طرق وهى:

2-1-1- الطرق التقليدية.

2-1-2- الطرق المميكنة.

2-1-3- طرق سبق التجهيز.

ولكل من هذه النظم عيوبه ومميزاته والتي سيتم شرحها بعد ذلك تباعا، ويوضح شكل (2) ملخصا لطرق الإنشاء.



شكل (2): طرق الإنشاء المختلفة.

2-1-1- الطرق الإنشاء التقليدية:

تعتمد هذه النظم على معدات أولية ومواد بسيطة يمكن توافرها في كافة المجتمعات سواء الحضرية أو الريفية أو النائية بالإضافة إلى عدم احتياجها إلى مهارة فنية عالية لعمالة التشييد وبالتالي يقل مستوى اعتماد تلك النظم إلى حد ما على المعدات، كما أن الاستخدام الأمثل لهذا النظام هو في المباني السكنية الخاصة أو الإدارية الغير متكررة. وتنوعت هذه الطرق لتتمشى مع المستوى التكنولوجي السائد وتشمل:

2-1-1-1- الإنشاء بنظام الحوائط الحاملة.

2-1-1-2- الإنشاء بنظام الهياكل الإنشائية الخرسانية.

مميزات وعيوب طرق الإنشاء التقليدية:

أ- مميزات طرق الإنشاء التقليدية:

- سهولة الاستيعاب والممارسة حيث تتوارثها الأجيال المختلفة من العمال والحرفيين.

- طريقة مناسبة للدول النامية حيث تتوافر عمالة مدربة ونصف مدربة وغير فنية كثيرة العدد ومنخفضة الأجر.
- البساطة وعدم التعقيد، فالمعدات المستخدمة بسيطة وسهلة التصنيع ويعتمد أغلبها على قوة الإنسان العضلية والعقلية.
- الاعتماد على مواد الإنشاء والخامات المحلية حيث تستخدم الخامات والمواد المعروفة والمستخدمة منذ القدم.
- التكرار وإعادة استخدام النماذج التصميمية للمباني Typification يقلل التكاليف.
- تعتبر ناجحة اقتصاديا ومناسبة لحجم الأعمال الصغير نسبيا وفى مناطق تتسم بالمحلية.
- لا تحتاج إلى تجهيزات خاصة أو قوانين أو تتعرض لمشاكل النقل والتركيب.
- لا تتعرض للعوائق التكنولوجية الممثلة في أعمال العزل أو تحضير الوحدات أثناء نهو الأعمال.

ب- عيوب طرق الإنشاء التقليدية:

- مدة التنفيذ غالبا كبيرة بالنسبة إلى الوقت اللازم لتنفيذ المباني باستخدام الطرق الآلية.
- جميع الأعمال تتم في الموقع مما يجعلها مرتبطة بحالة الطقس فتحتاج إلى معالجات معينة كما في المناطق شديدة البرودة أو الحرارة وذلك لا يكون مقبولا بالنسبة للمشاريع الصغيرة.
- اعتمادها على العمالة المدربة والخبرات الخاصة وزيادة الاعتماد على العامل الماهر مما يرفع من التكلفة وتزداد نسبة الخطأ مع العامل الغير مدرب.
- وجود نسبة فاقد كبيرة في مراحل الإنشاء.
- ارتفاع التكاليف مع ضخامة المنشأ وزيادة ارتفاعه.
- عدم الدقة عند تجهيز نسب المون وبالتالي لا نحصل على خليط متجانس تماما.
- زمن نهو الأعمال كبير نسبيا بالنسبة لزمن الإنشاء الكلى.

2-1-1-1- الإنشاء بطريقة الحوائط الحاملة:

تستخدم الحوائط الحاملة كعناصر أساسية لنقل أحمال الأسقف والأرضيات من الأدوار المختلفة للمبنى إلى أساسات المبنى ومنها إلى تربة الموقع، وبالتالي نجد أن حوائط الدور الأرضي يرتكز عليها أكبر الأحمال حيث أنها تحمل أحمال المبنى بالكامل، ولذا نجد أنها أكبر سمكا من الأدوار العليا حيث يقل سمك الحوائط في اتجاه الأدوار العليا.

ويتم تأسيس تلك المنشآت باستخدام أساسات شريطية من الخرسانة العادية والمسلحة تحت كامل طول الحوائط وبعرض يزيد عن سمك الحوائط لضمان توزيع أحمال المبنى بأمان على تربة الموقع وفى الحدود المسموح بها للتأسيس.

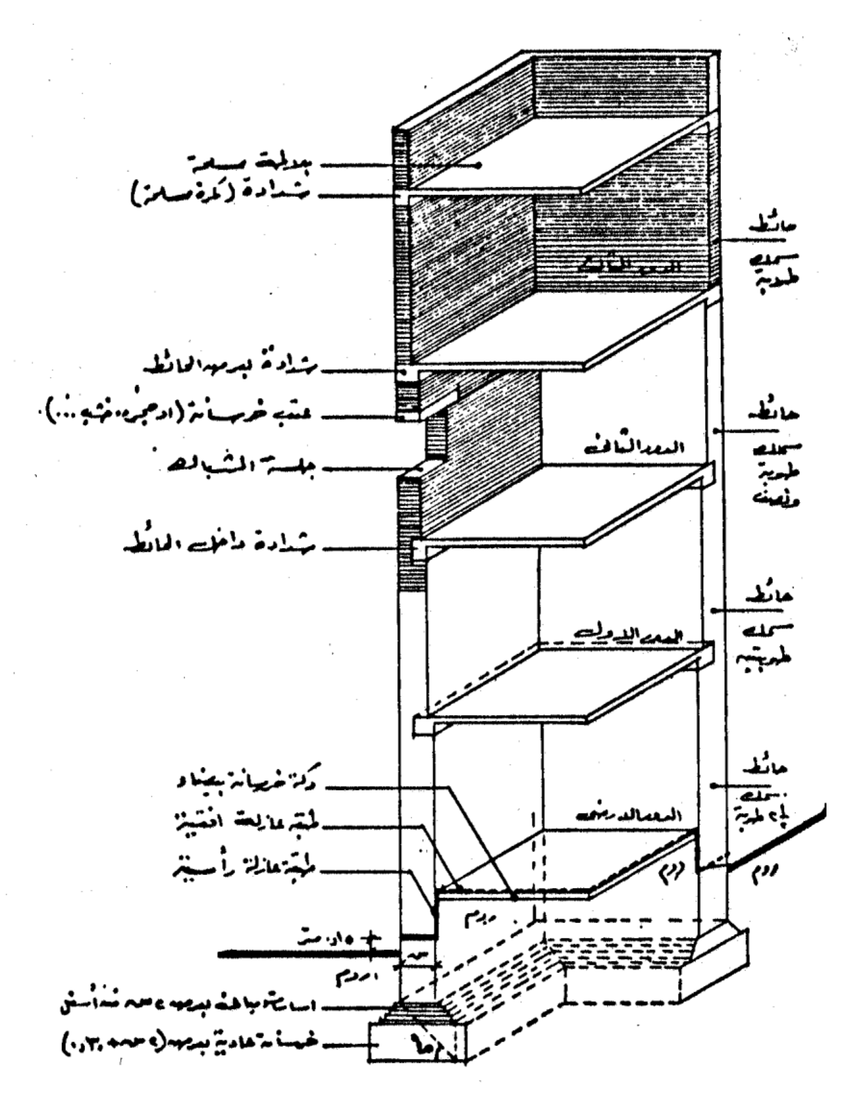
وبصفة عامة نجد أن معظم المباني السكنية التي يتم إنشاؤها في المناطق الشعبية أو الريفية تتبع هذا النظام نظرا لانخفاض تكلفته عن الأنظمة الأخرى وعدم احتياجه إلى أعمال تصميم ولكن يتم تنفيذه باستخدام الخبرة المكتسبة، ويتم إنشاء الحوائط في تلك المباني من الطوب المصمت سواء الطوب الأحمر أو الطوب الطفلى أو الطوب الأسمنتي أو الطوب الحجري وذلك نظرا لقوة تحمله ولا يستخدم الطوب المفرغ سواء الأسمنتي أو غيره نهائيا في أعمال الإنشاء بنظم الحوائط الحاملة.

وفى هذه النظم يتم إنشاء الأسقف من الخرسانة المسلحة وغالبا يتم ذلك بعمل كمرات فوق الحوائط وذات عمق صغير والغرض منها فقط هو نقل وتوزيع الأحمال من السقف إلى الحوائط بالتساوي على طول الحائط لتلاشى تواجد فروق الإجهادات المختلفة على الحوائط، ويتم تصميم تلك الكمرات الخرسانية على تحمل أحمال الأسقف بوجود دعامات مستمرة (كلين) وذلك على خلاف الكمرات في النظام الهيكلي الذي سيتم شرحه فيما بعد والذي يعتمد على تحمل أحمال الأسقف مع وجود دعامات (الأعمدة) على مسافات بينية قد تصل إلى 5.00 متر أو أكثر وتكون الكمرات في هذا النظام أكبر عمقا وتسليحا حيث يتم تصميمها طبقا للأحمال الواقعة عليها.

ونظرا لاعتماد تلك المباني على الحوائط كعناصر أساسية في التحميل لذلك لا يسمح نهائيا بالتعديل في تلك الحوائط بعد الإنشاء حيث أن ذلك يعيد توزيع الأحمال على الحوائط الأخرى وقد يعرضها إلى عدم الاتزان أو الانهيار.

ويتراوح سمك الحوائط في هذا النظام من سمك 2 طوبة (51 سم) أو أكثر في الدور الأرضي والأول وذلك في بعض الحوائط الرئيسية وذلك في حالة الارتفاع حتى خمسة أدوار ثم يقل إلى 38 سم (طوبة ونصف) في الدور الثاني والثالث، ثم 25 سم (طوبة واحدة) في الدور الرابع، وقد يستعمل الحجر في الإنشاء بدلا من الطوب وذلك في المناطق التي تتوافر فيها الأحجار.

ويوضح شكل (3) نموذج لمبنى تم إنشاؤه بنظام الحوائط الحاملة.



شكل (3): نموذج لمبنى تم إنشاؤه بنظام الحوائط الحاملة.

2-1-1-2- نظام الإنشاء الهيكلي:

هو نظام يعتمد على نقل أحمال الأسقف والأرضيات إلى كمرات عرضية من الخرسانة المسلحة (أو الحديد في بعض الأحيان) لتقوم بدورها في نقل هذه الأحمال إلى الأعمدة ثم يتم نقل الأحمال الى أساسات المبنى وبالتالي تصبح العناصر الأساسية لنقل الأحمال كالتالي:

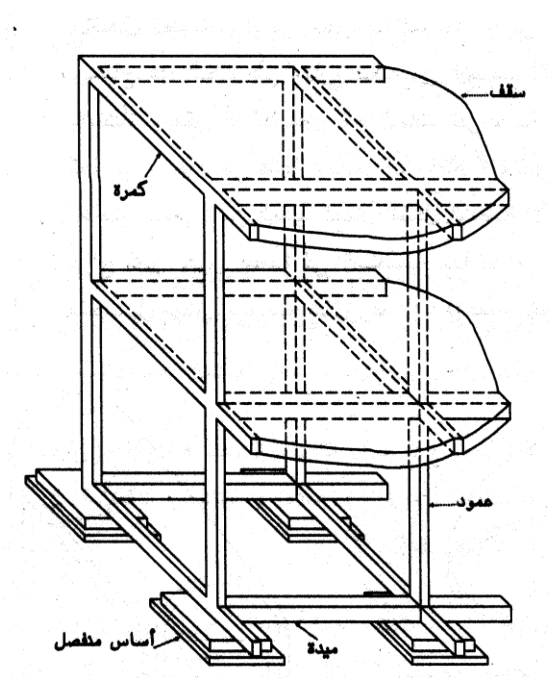
- الأسقف الخرسانية.
- الكمرات الخرسانية.
- الأعمدة الخرسانية.
- الأساسات والقواعد المنفصلة أو المستمرة.

وفى هذا النظام لا يعتمد على الحوائط كنظام أساسي لنقل الأحمال ولكنها تستعمل كفواصل للفراغات لتحديد الاستخدامات المختلفة في المبنى وفى هذه الحالة يمكن استخدام الطوب المفرغ سواء الطفلى أو الأسمنتي أو الطوب الرملي الجيري الخفيف في تلك الحوائط.

ويستخدم هذا النظام لتشييد المباني ذات الارتفاعات العالية التي تصل إلى ارتفاع يزيد عن 90 متر.

ويعتمد هذا النظام على الخرسانة المسلحة كمادة أساسية، ولكن يمكن استخدام الكمرات والأعمدة الحديدية في إنشاء هيكل المبنى والذي يتميز في هذه الحالة بخفة الوزن مقارنة بالخرسانة المسلحة مما يتيح إمكانية زيادة ارتفاع المبنى عن 100 متر، وقد يصل إلى 300 متر أو أكثر، ويحتاج نظام الإنشاء الهيكلي إلى تصميم دقيق لجميع العناصر في المبنى حتى يمكن للمبنى تحمل الأحمال الواقعة عليه بأمان.

ويتم تحديد مقاسات الأعمدة طبقا لارتفاع الدور الواحد بالإضافة إلى الأحمال الموجودة عليه والتي تزيد كلما اقتربنا من أساسات المبنى، ويوضح شكل (4) نظام الإنشاء الهيكلي وتتابع نقل الأحمال الرئيسية.



شكل (4): نموذج لمبنى تم إنشاؤه بالنظام الهيكلي.

2-1-2- طرق الإنشاء المميكنة:

وهذه الطرق تعتمد أساسا على الاستعاضة –قدر الإمكان بالميكنة محل القوى البشرية خاصة في أعمال الصب والمناولة التي يستخدم فيها عدد أقل من الأيدي العاملة المدربة سواء من ناحية أعمال

التجهيز والنقل أو أعمال الميكنة لطرق الإنشاء لإقامة المباني وكافة الأعمال المرتبطة بأعمال البناء في الموقع.

وهذه الطرق تشمل الاستعاضة بالتوفيق القياسي واستخدام المركبات الصناعية المتطورة بجانب إحلال الميكنة قدر الإمكان وتطوير استخدامات المعدات الميكانيكية وطرق الإنشاء التقليدية خلال مراحل التخطيط والتصميم وأثناء التنفيذ وأغلبها نظم للصب مكتملة بين الحوائط والأسقف أو الحوائط والأسقف منفصلة وتستخدم فيها الشدات المعدنية والعبوات المتحركة في الموقع، وأعمال التزاوج بين أكثر من نظام ما هي إلا إنشاء آلي، والهدف هو المزج بين مزايا التصنيع والإنشاء في الموقع للحصول على أعلى قدر من الاستفادة في العمالة والمواد وتوفير الوقت، لذا فالأشكال الجديدة من الميكنة التي لازمت مجال الإنشاء تعطى مجالات جديدة باستخدام مجهودات بشرية أقل وإنجاز إنشائي وإنتاجية ووفرة واقتصاد في التكاليف.

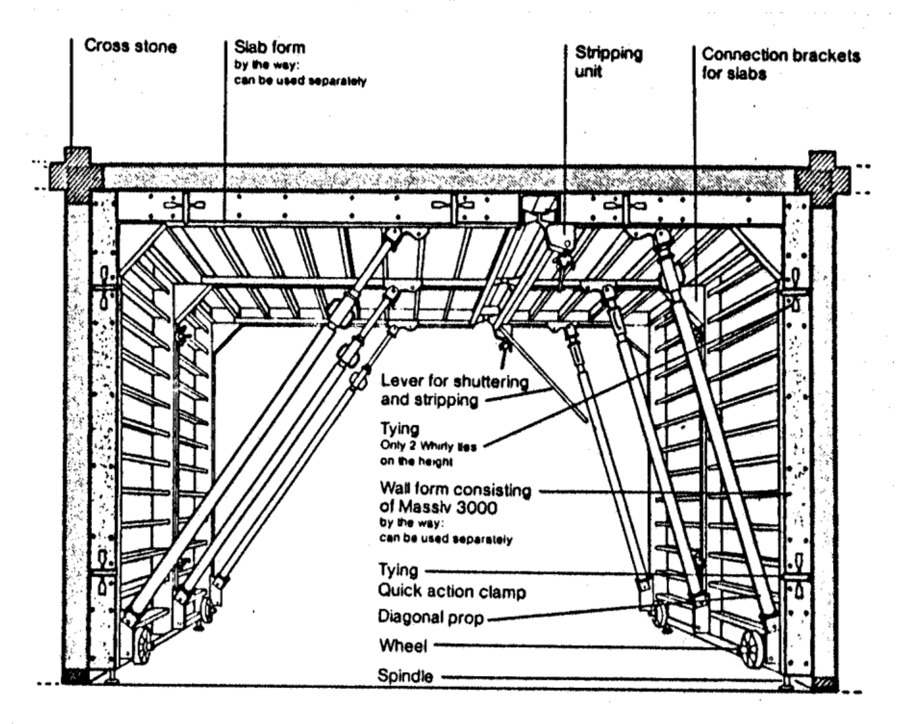
2-1-2-1- طريقة الهيكل النفقي:

البناء بطريقة الهيكل النفقي هي إحدى طرق الإنشاء الآلية المستخدمة حديثا في البناء وهى تضمن السرعة في التنفيذ والكفاءة في التشغيل، والنفق عبارة عن هيكل من الصلب يأخذ شكل الوحدة الفراغية (الحجرة) المراد إنشائها بيد أنه لا يحتوى على أرضية كما أنه مفتوح من الجانبين على شكل حرف V المقلوب، والنفق ذو أبعاد قياسية وحدتها 1.20متر وقد تختلف هذه الوحدة باختلاف الشركة المصنعة تبعا للنظام القياسي الخاص بها، وتتحرك الشدة على عجل مثبت في أسفلها ومجهز بوحدات للضبط الأفقي لها، ويوضح شكل (5) تفاصيل الشدة.

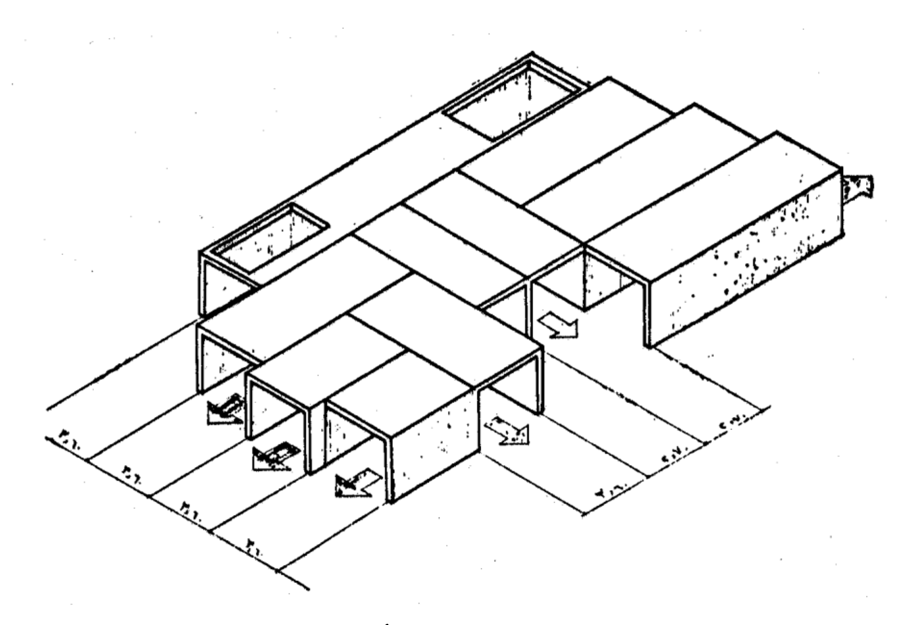
وقد تجهز الشدة بمعدات تسخين لتعجيل شك الخرسانة، ونظرا لثقل الشدة الذي يتراوح ما بين 4.2 إلى 3.4 طن فإنها ترفع وتنقل من مكانها بواسطة الروافع الهيدروليكية، وتركب الشدة في الموقع تبعا لموضعها على المسقط الأفقي وتنظف جيدا ثم تدهن بالزيت لحمايتها من الصدأ ولمنع التصاق الخرسانة بها بعد الصب، ويتم تركيب هياكل الأبواب والنوافذ في أماكنها تبعا للتصميم ثم يلي ذلك تثبيت شبكة حديد التسليح المزود بفتحات لتركيب التوصيلات المختلفة من توصيلات كهربائية وصحية، وبعد الضبط النهائي للشدة تصب الخرسانة رأسيا وأفقيا على جانبي الشدة بمعدل 10 م3 في الساعة حيث تدك بواسطة الهزاز ويسوى السطح بواسطة ماكينة خاصة.

وبعد ثلاثة أيام تشك الخرسانة وقد تستخدم السخانات لتعجيل عملية الشك ويبدأ فك الشدة، ويوضح شكل (6) منظور لمباني الأنفاق بعد الصب.

وفى النهاية تسحب الشدة وترفع بواسطة الونش على مكان آخر، ومن مميزات هذه الطريقة السرعة في التنفيذ بالإضافة إلى أنها لا تستلزم عمالة كثيرة هذا إلى جانب الكفاءة العالية في التشطيب، ولكن يؤخذ على هذه الطريقة أنها لا تحقق المرونة في تصميم المبنى.



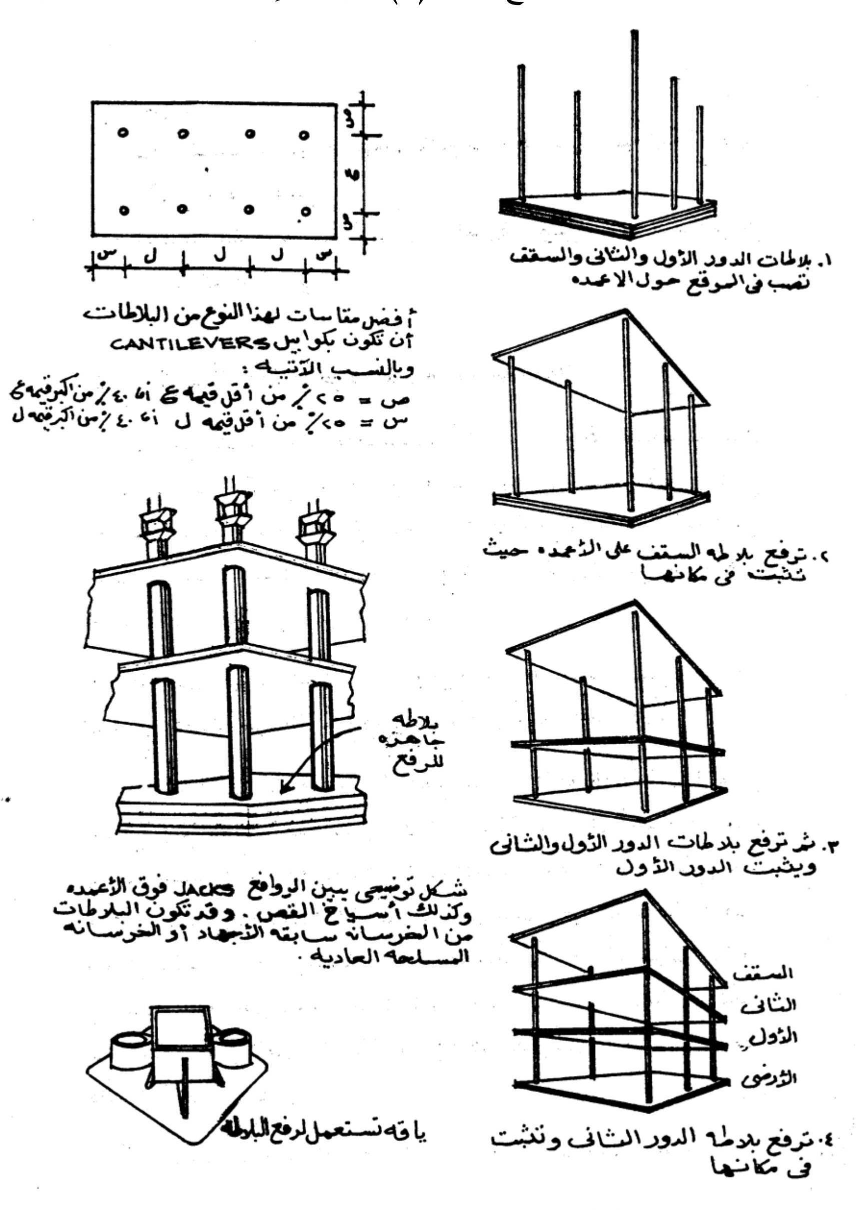
شكل (5): تفاصيل شدة طريقة الهيكل النفقي.



شكل (6): منظور لمباني الأنفاق بعد الصب.

2-1-2-2- طريقة البلاطات المرفوعة:

من المعروف أنه من الأسهل والأوفر صب الخرسانة عند مستوى سطح الأرض عن صبها في مستويات أعلى، وكان ذلك هو أساس الفكرة الإنشائية لهذه الطريقة إذ يتم صب كافة البلاطات المسلحة عند مستوى سطح الأرض بالتتابع الواحدة فوق على أن تتخللها أعمدة المبنى مع وضع مواد فاصلة بينهم لعدم التصاق تلك البلاطات ببعضها وقت الصب، وبعد تصلب البلاطات المذكورة يتم رفعها بعد تماسكها تدريجيا إلى وضعها النهائي في المبنى بواسطة روافع هيدروليكية مركبة على رؤوس الأعمدة، ثم تثبت هذه البلاطات عند مستوى كل طابق. ويوضح شكل (7) طريقة الإنشاء بالبلاطات المرفوعة.



شكل (7): طريقة الإنشاء بالبلاطات المرفوعة.

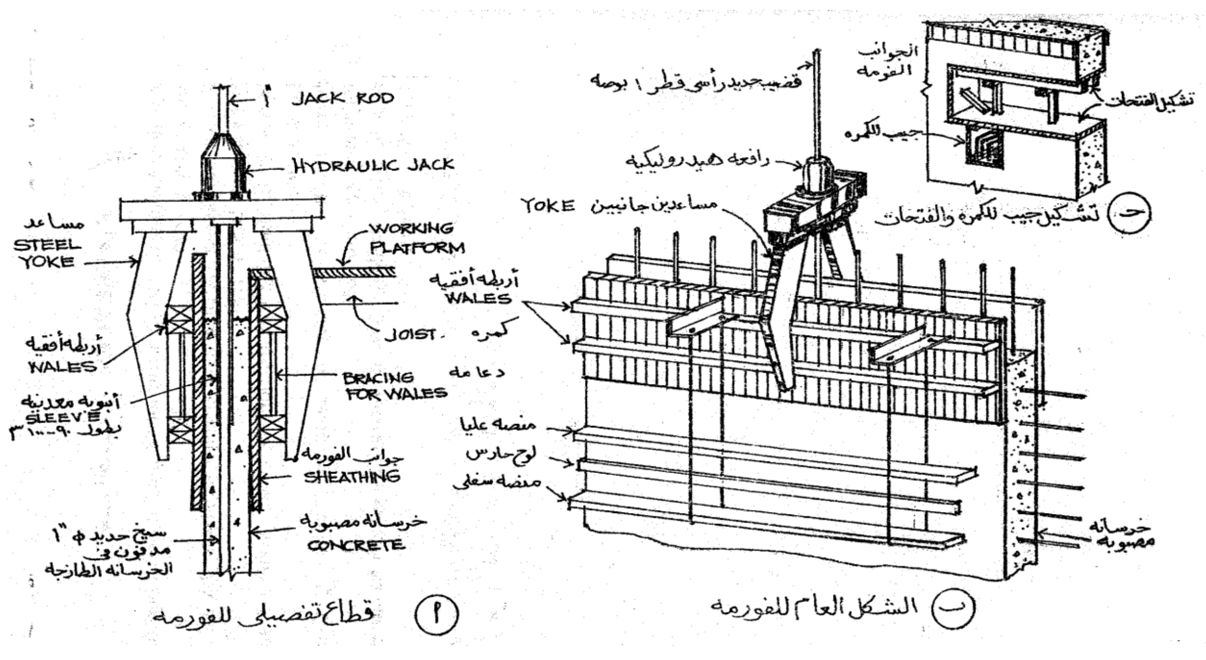
2-1-2-3- الشدات المنزلقة الرأسية:

تعتمد فكرة هذا النظام الإنشائي على استمرارية عملية صب الخرسانة داخل شدات متحركة تأخذ شكل قطاع الخرسانة المطلوب صبها، ويرتبط معدل سرعة تحرك الشدة بالحد الذي يمكن للخرسانة التي تصب داخلها أن تشك وتجمد إلى الحد الذي يسمح لها بأن تحافظ على تشكيلها تحت ثقل وزنها الذاتي.

ويمتاز نظام الشدات المنزلقة بالسرعة والاقتصاد بالإضافة إلى الحصول على منشأ قوى نتيجة لصبه كقطعة إنشائية واحدة مستمرة، وتأتى اقتصاديات استعمال هذا النظام على السرعة العالية التي يتمتع بها تنفيذ المنشأ، ولتحقيق الاقتصاد في استعمال هذا النظام لا يجب أن يقل طول المنشأ المنفذ عن 12 مترا كحد أدنى. ويوضح شكل (8) طريقة الشدات المنزلقة.

ويتكون هذا النظام من روافع هيدروليكية تثبت على محاور من قضبان رأسية حيث تحمل جسم الفورمة كما في الشكل (8) وهى مكونة من:

- **الأربطة الأفقة:** وهى من المراين الخشبية أو الحديدية التي تستطيع مقاومة الضغوط الداخلية المتكونة من صب الخرسانة، وفى حالة زيادة المسافة بين الرافع أو ضغوط الخرسانة يجب وضع دعامات بين هذه الأربطة.
- **جوانب الفورمة:** وتثبت في الأربطة الأفقية وتصنع جوانب الفورمة عادة من الألواح الخشبية أو ألواح الحديد الصلب سمك حوالي 1سم حيث توضع هذه الألواح في الاتجاه الرأسي حتى يسهل عملية انزلاق الفورمة على سطح الخرسانة أثناء رفعها.
- **مساعدين جانبيين:** مصنوعان من الحديد مثبتين على الأربطة الأفقية ومرتبطين بالرافع الهيدروليكي المثبت فوقها.



شكل (8): طريقة الشدات المنزلقة.

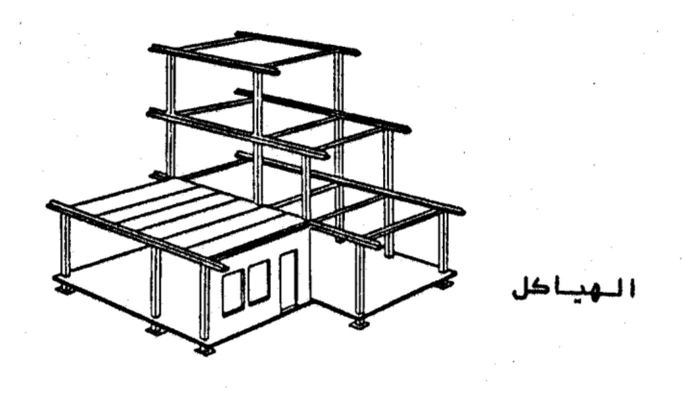
2-1-3- طرق سبق التجهيز:

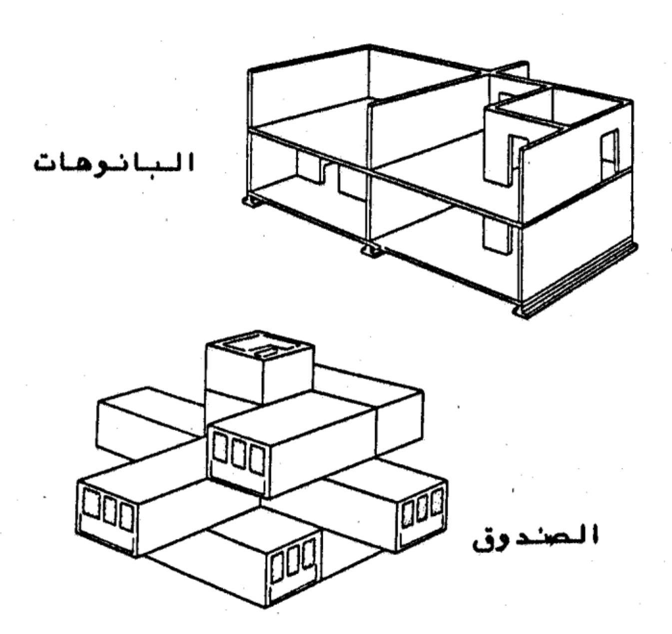
عرفت طرق الإنشاء بوحدات سابقة التصنيع بأنها منهج متكامل للبناء يحتوى أساسا على أجزاء مسبقة التجهيز صممت كلها على نظام قياسي مشترك يعرف بالموديول يساعد في سرعة تجميع هذه الأجزاء بموقع البناء على أسس اقتصادية، وإذا نقلت مجاميع هذه الأجزاء والمعدة للتركيب في المصنع باستخدام طرق آلية واستخدام تكنيكا متكاملا في تركيبها بعكس تصميم منظوم البناء فهذا يعنى إتمام عملية بنائية عبر عنها بمنظوم البناء.

ومن ثم نجد أن طريقة سبق التصنيع هي مرحلة من مراحل إنتاج المباني وتعتمد على تصنيع وحدات المبنى في المصنع على مبدأ الإنتاج بالجملة، وأجزاء البناء السابقة التصنيع ترتبط بالوصلات، والوصلات هي وضع الأجزاء في ترتيبها وتركيبها وتجميعها، وهذا الأساس للطرق المستخدمة في سبق التجهيز، وتختلف أنواع الوصلات وأعدادها في المبنى طبقا لنوع الإنشاء وحجم الوحدات سابقة التجهيز المستخدمة، وتنقسم طرق البناء سابقة التجهيز إلى:

- **المباني الهيكلية:** وتحتوى على ثماني نقاط اتصال وهى أماكن اتصال الأعمدة والكمرات.
- **الوحدات المستوية (البانوهات):** وتحتوى على أربع وصلات أفقية في حالة الوحدات المستوية الكبيرة الحجم.
- **الوحدات الصندوقية:** والوصلات تكون بين الوحدات وبعضها وتستخدم مادة لاصقة لتجميع الوصلات المستخدمة.

ويوضح شكل (9) تصنيف طرق الإنشاء المصنعة طبقا للمكونات الإنشائية.





شكل (9): تصنيف طرق الإنشاء المصنعة طبقا للمكونات الإنشائية.

2-2- تسلسل أعمال البناء:

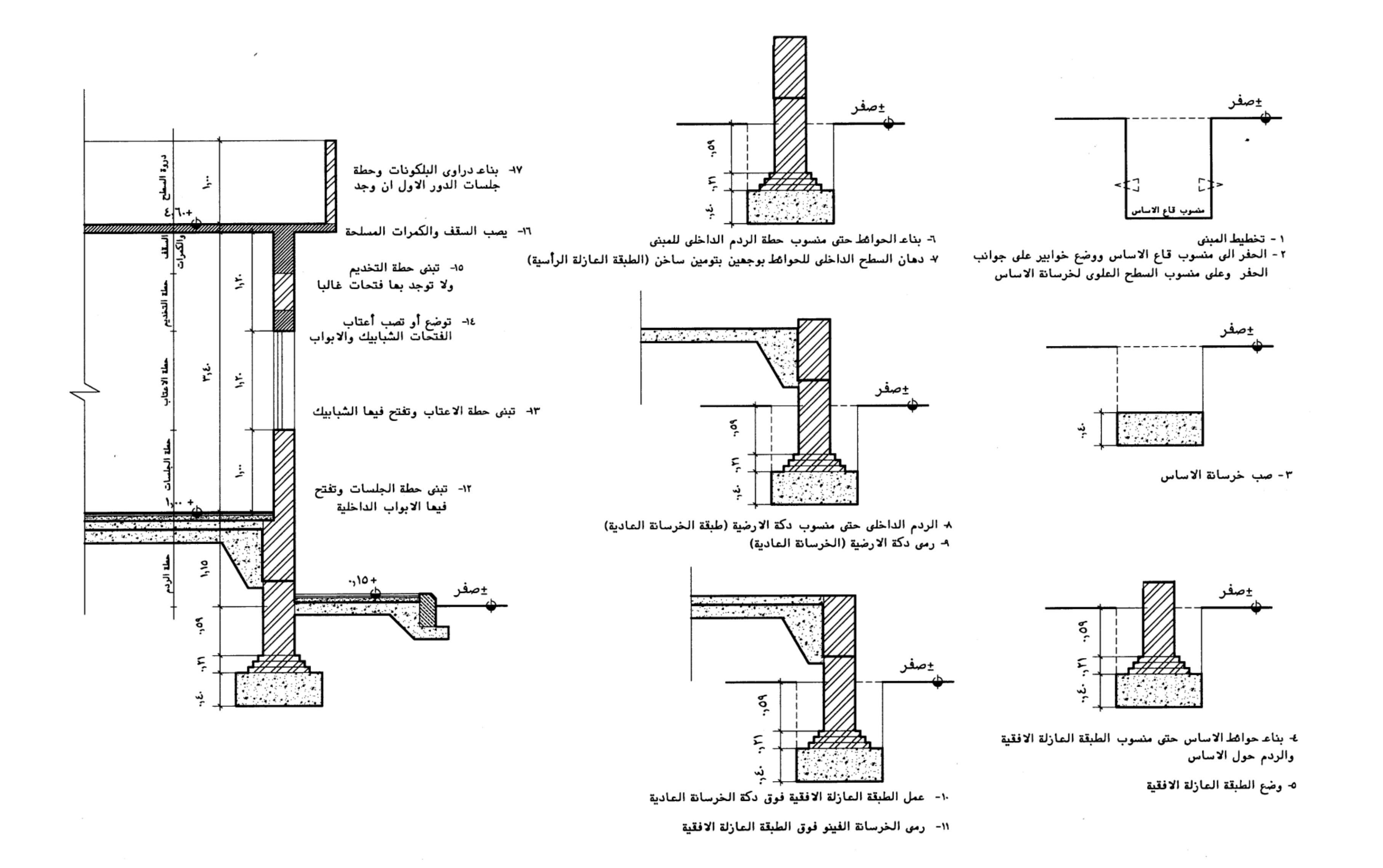
وسوف نورد مثالين لتسلسل أعمال البناء أحدهما لمبنى مكون من دور واحد منشأ بطريقة الحوائط الحاملة، والمثال الثاني لمبنى مكون من أربعة أدوار منشأ بطريقة الإنشاء الهيكلي.

2-2-1- مبنى مكون من دور واحد منشأ بطريقة الحوائط الحاملة

بعد تسليم الموقع للمقاول يبدأ المقاول في الأعمال التالية غالبا بالترتيب التالي وكما بالشكل رقم (10):

- الحفر للأساسات: وذلك فوق أو تحت منسوب سطح المياه الجوفية ويتم الحفر من واقع تحديد محاور المبنى (محاور حوائط الدور الأرضي) على الطبيعة يعمل خنزيره خشب (تحليقة) وتحدد مواقع الحفر من رسم الأساسات التنفيذي.

- صب الخرسانة العادية للأساسات: وتعمل لها فرم جانبية فقط إن لزم الأمر.
- بناء حوائط الأساسات : وذلك حتى الطبقة العازلة الأفقية على ارتفاع 15 سم فوق منسوب الرصيف للحوائط الخارجية وعلى ارتفاع يقل 15 سم عن منسوب الدور الأرضي.
- الردم الخارجي: حتى منسوب سطح الأرض.
- عمل الطبقة العازلة الأفقية والرأسية للحوائط الخارجية.
- الردم الداخلي:حتى منسوب اسفل الدكة الخرسانية مع عمل ميول فيه نحو الحوائط الخارجية.
- عمل الطبقة العازلة الأفقية للحوائط.
- بناء محيط حطة الردم.
- صب الدكة الخرسانية: مع الطبقة العازلة الرأسية للحوائط الخارجية.
- بناء حطة الجلسات: وفيها تترك فتحات الأبواب
- بناء حطة الأعتاب وفيها تترك فتحات الشبابيك.
- تركيب الأعتاب :وهي إما من الخرسانة المسلحة أو الكمرات الصلب أو الخشب أو الطوب أو الحجر وقد تكون على شكل عقود مباني أو حجر أو خرسانة حسب الأحوال.
- بناء حطة التخديم: وهي التي تخدم على كمرة الرباط للسقف.
- صب بلاطة السقف والكمرات الرابطة: مع عمل حساب التركيبات الكهربائية وترك خشب بغدادي في السقف في مكانها.
- تركيب حلوق النجارة: وتثبيتها في المباني بواسطة كانات حديدية أو دساتير خشبية.
- التركيبات الكهربائية: وذلك بالدق لها في المباني.
- التركيبات الصحية: وذلك بالتكسير لها في المباني.
- بياض الحوائط والأسقف: وذلك بعمل طرطشة عمومية أو تنقير للخرسانة حتى تمسك بطبقة البطانة التي تليها الظهارة، ويجب تقفيل البياض على النجارة.
- الأرضيات: وتعمل بعد عمل الطبقة العازل الأفقية فوق الدكة الخرسانية وقد تكون من البلاط أو من الخشب وتعمل لها وزرات وتقفل على البياض وتعمل فيها الميول المناسبة على سيفونات الأرضية في دورات المياه.



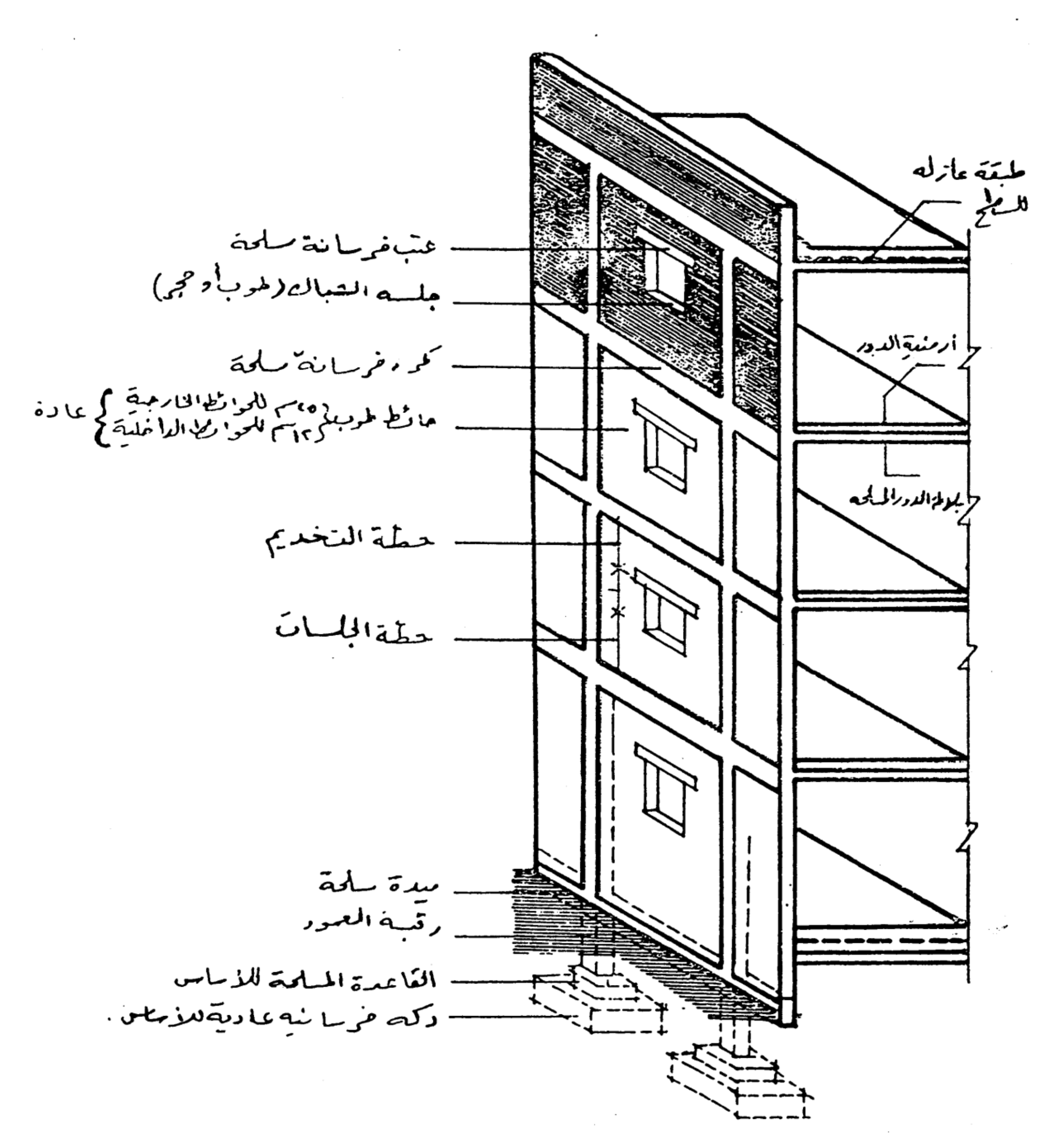
شكل رقم (10) تسلسل أعمال البناء لمبنى حوائط حاملة مكون من دور واحد.

- الدهانات: للأبواب والشبابيك بعد تركيب البرور التي تقفل على البياض وكذلك دهانات الحوائط ورشها بالغراء إن لزم.
- التركيبات الكهربائية والصحية: من أسلاك ونجف ولمبات...إلخ، وكذلك الأحواض والمواسير والمراحيض...إلخ.
- طبقة عازل السطح.
- دروة السطح.
- تبليط السطح: مع عمل الأوتار والميول فيه لتصريف مياه المطر على الجرجورى والقائم الرأسي من الزهر، وهكذا...إلخ.

2-2-2- مبنى مكون من أربعة أدوار منشأ بطريقة الإنشاء الهيكلي

تتسلسل أعمال البناء، حيث يقام الهيكل الخرساني أولا ثم تأتى مرحل البناء بالحوائط والتشطيبات كما يلي، وكما بالشكل رقم (11):

- الحفر للأساسات: وذلك فوق أو تحت منسوب سطح المياه الجوفية ويتم الحفر من واقع تحديد محاور المبنى (محاور حوائط الدور الأرضي) على الطبيعة يعمل خنزيره خشب (تحليقة) وتحدد مواقع الحفر من رسم الأساسات التنفيذي.
- صب الخرسانة العادية للأساسات: وتعمل لها فرم جانبية فقط إن لزم الأمر.
- صب الخرسانة المسلحة للأساسات: وذلك بعد عمل فرم جانبية لها ووضع التسليح في موضعه للقواعد نفسها وللشدادات وللسملات ولأشاير الأعمدة الخارجة راسياً من القواعد، حسب الرسومات التنفيذية وبعد استلام مهندس التنفيذ له.
- صب الخرسانة المسلحة لرقاب الأعمدة : حتى منسوب الميد المسلحة وذلك بعد عمل فرم جانبية لها ووضع التسليح في موضعه حسب الرسومات التنفيذية وبعد استلام مهندس التنفيذ له.
- صب الخرسانة المسلحة للميد : ذلك بعد عمل فرم جانبية وسفلية لها ووضع التسليح في موضعه حسب الرسومات التنفيذية وبعد استلام مهندس التنفيذ له.
- بناء الحوائط: وذلك حتى منسوب الطبقة العازلة الأفقية على ارتفاع 15 سم فوق منسوب سطح الأرض للحوائط الخارجية وعلى ارتفاع يقل 10 سم عن منسوب الدور الأرضي للحوائط الداخلية.
- الردم الداخلي:حتى منسوب اسفل الدكة الخرسانية مع عمل ميول فيه نحو الحوائط الخارجية.
- الردم الخارجي: حتى منسوب سطح الأرض.



شكل رقم (11): قطاع رأسي لمبنى منشأ بطريقة الإنشاء الهيكلي مكون من أربعة أدوار

- عمل الطبقة العازلة الأفقية للحوائط.

- بناء محيط حطة الردم.
- صب الدكة الخرسانية: مع الطبقة العازلة الرأسية للحوائط الخارجية.
- صب الخرسانة المسلحة لأعمدة الدور الأرضي : حتى منسوب الكمرات المسلحة وذلك بعد عمل فرم جانبية لها ووضع التسليح في موضعه حسب الرسومات التنفيذية وبعد استلام مهندس التنفيذ له.
- صب الخرسانة المسلحة لكمرات وسقف الدور الأرضي : وذلك بعد عمل فرم جانبية وسفلية لهم ووضع التسليح في موضعه حسب الرسومات التنفيذية وبعد استلام مهندس التنفيذ له.
- صب الخرسانة المسلحة لأعمدة الدور الأول العلوي، ثم صب كمرات وسقف الدور الأول العلوي، وهكذا حتى صب كمرات وسقف الدور الثالث العلوي.
- تنفذ الأعمال كما هي في حالة المبنى الحوائط الحاملة مع مراعاة تكرار تلك الأعمال في الأدوار الأربعة المكونة للمبنى الهيكلي، كما أن البنود الثلاثة الأخيرة خاصة بالسطح فقط.

تتسلسل أعمال البناء حسب الحاجة وطبقا لطريقة الإنشاء، فقد تقتضي أعمال الحفر إلى حفر الموقع بأكمله أو قد يقتضي الأمر إلى النزول تحت منسوب المياه الجوفية، وفي هذه الحالة يلزم عمل الترتيبات اللازمة لنزح المياه حتى يتم صب خرسانة الأساس على (الناشف).

وبالنسبة للإنشاء فوق سطح الأرض فانه يختلف باختلاف نوعية المنشأ وطريقة الإنشاء بحيث تتناسب مع الظروف الخاصة لكل منشأ.

3- عناصر المبنى الإنشائية (الأساسات):

تتركز أحمال المباني إما في الأعمدة الخرسانية المكونة للهيكل الخرساني للمبنى أو في الحوائط نفسها عندما تكون من الحوائط الحاملة ويكون عمل الأساس هو توزيع وتوصيل هذه الأحمال إلى طبقات التربة المناسبة والصالحة للتأسيس بدون حدوث انهيار للتربة أو الأساس أو حدوث ضغوط غير مسموح بها.

فالأساس هو الجزء السفلي من المنشأ الذي ينقل أحمال المنشأ كلها سواء كانت أحمال ميتة أو أحمال حية أو خلافه إلى الأرض الطبيعية، وعموما فإن الأساسات توضع أسفل مستوى سطح الأرض لتحقيق الأهداف الآتية:

- توزيع ونقل جميع أحمال المبنى إلى مساحة أكبر من سطح التربة القابلة للتأسيس.
- منع الهبوط المتفاوت لأجزاء المبنى المختلفة.
- تحقيق استقرار المبنى ضد أي تأثير خارجي مثل الرياح والأمطار والزلازل.

3-1- شروط تصميم الأساس:

يجب عند تصميم الأساس أن تراعى بعض الاشتراطات العامة وهي كالآتي:

- يجب أن يكون منسوب الأساس طبقة أفقية وثابتة وصالحة للتأسيس سواء كان الأساس مباني بالحوائط أو قواعد خرسانة عادية أو مسلحة أو خوازيق. وقد يصل الأساس في باطن الأرض إلى أعماق متفاوتة حسب نوع التربة وجودتها.
- يجب ألا يقل عمق منسوب الأساس في جميع الأحوال عن 1.00 متر تحت سطح الأرض.
- يجب ألا تزيد أحمال المبنى والواقعة على التربة عن قوة تحمل (جهد) التربة المسموح بها.
- يجب الاهتمام بالأساسات عند إنشائها حيث أن اختلال الأساس يختل بالمبنى جميعه، ويعتبر أي فرق هبوط في الأساسات يزيد عن 1.5 سم يحدث عنه نتائج سيئة إذا لم يؤخذ هذا الفرق في الاعتبار عند تصميم المبنى وأساساته، ويتراوح أقصى هبوط مسموح به للتربة تحت المبنى في أي نقطة من نقطه من 2.5 : 5 سم حسب نوع التربة.
- يجب أن يكون توزيع الأحمال على جميع مسطح الأرض المقام عليها المنشأ توزيعا منتظماً، بمعنى أن يكون تحميل وحدة المساحة على مسطح الأرض متساوياً تقريباً.
- يجب أن يؤخذ في الاعتبار شدة الرياح والدوامات والأمواج في حالة تصميم الأساس لمنشآت واقعة في المياه الجارية مثل دعامات الكباري والقناطر حتى تتحمل مقاومة.

3-2- دراسات التربة:

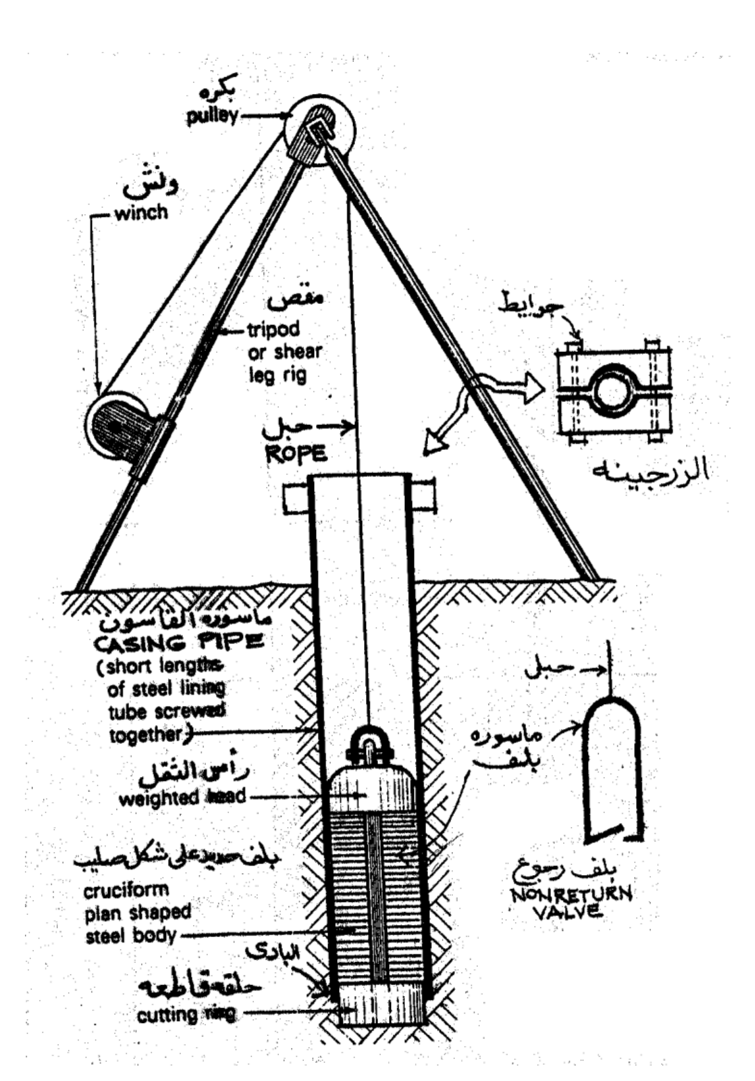
قبل البدء في تصميم أي منشأ واختيار نوع الأساس يجب عمل الاستكشافات اللازمة والفحص المبدئي لتربة الموقع المراد البناء علية للتعرف على تصنيف وطبيعة التربة بها، حيث يقوم المصمم بعمل دراسة لتربة الموقع لأعماق كبيرة أ كبر من عمق طبقة التأسيس نظراً لاحتمال وجود طبقات ضعيفة تحت التأسيس قد يؤثر انضغاطها تحت الأحمال على سلامة المنشأ. ويعهد بهذه الدراسات للمخصصين من المهندسين والفنيين حيث أن لها نظام خاص وأدوات خاصة لاستخراج العينات من واقع عمل جسات في التربة.

وتمر دراسات التربة بثلاثة مراحل رئيسية هي كالآتي:

- **المرحلة الأولى:** أخذ العينات للتربة من أعماق مختلفة وذلك باستعمال القاسون، أنظر الشكل رقم (12)، المكون من مجموعة مواسير خارجية تستخدم لسند جوانب التربة وتكون مصنوعة من الحديد الصلب حيث يتراوح طول الماسورة الواحدة 2-3 متر بقطر 15-20 سم ، ويفضل دائما أخذ العينات بطرق دقيقة تحفظها في حالتها الطبيعية.

- **المرحلة الثانية:** الاختبارات العملية على هذه العينات لتحدد خواصها الميكانيكية والطبيعية من حيث تحديد خواص التربة الهندسية من الإنضغاط ونسبة الفراغات ومحتوى المياه ومقاومتها للقص ولدونتها...الخ..
- **المرحلة الثالثة:** الدراسة النظرية لتحديد نوع الأساس ومعرفة مدى تأثر التربة به.

ثم تلي هذه الدراسة التي تحدد نوع الأساس الملائم لكل من المنشأ والتربة عملية التصميم الإنشائي للأساس ليقاوم الأحمال الضغوط الواقعة عليه بأمان.



شكل رقم (12): ماكينة الجسات اليدوية (القايسون)

3-2-1- فحص وأبحاث التربة:

يتم فحص التربة لتحديد طبيعتها وتكوينها وعمق وسمك ونوع وتكوين كل طبقة، وكذلك تحديد منسوب المياه الجوفية، ومن ثم يمكن تحديد قوة تحمل التربة (الاجهادات المسموح بها للتربة)، ونوع الأساس المستخدم، وعمق التأسيس.

3-2-1-1- طبيعة وتكوين التربة:

وذلك من الناحية الجيولوجية ومن تعاقب الأحداث على الموقع وما قد تكون تعرضت له التربة في الأزمنة الحديثة كأن تكون المنطقة منطقة ردم أو حفر أو مقالب عمومية أو طرح نهر أو تكون قد غمرت بالمياه أو كان بها مباني سابقة...الخ.

3-2-1-2- عمق وسمك ونوع وتكوين كل طبقة:

يجب تحديد عمق وسمك ونوع وتكوين كل طبقة من طبقات التربة في الموقع، ومن أنواع التربة الشائعة: الردم – التربة الزراعية – الطين ومنة القوى التماسك والمتوسط واللين – الطمي ومنة الناعم والخشن – الرمل ومنة الناعم والمتوسط والخشن – الزلط – وكذلك توجد طبقات طفليه، وبعد تصنيف العينات يرسم قطاع في التربة يبين تتابع هذه الطبقات وسمك كل منها ونوعه ...الخ.

3-2-1-3- منسوب المياه الجوفية:

يجب تحديد أوطى وأعلى منسوب لهذه المياه خاصة عند تأثرها بمجارى مائية قريبة متغيرة المنسوب حيث أن لمنسوب المياه الجوفية أهمية كبرى عند تحديد نوع الأساس وعمقه.

3-2-1-4- الاجهادات المسموح بها للتربة:

تختلف الاجهادات المسموح بها لكل تربة حسب تكوينها ومحتوى المياه بها وتتحدد من التجارب والاختبارات المعملية.

3-2-2- اختيار نوع الأساس:

يتوقف اختيار نوع الأساس الملائم على عاملين أساسيين هما: نوع التربة تحت الأساس وحجم ونوع المنشأ.

3-2-2-1- نوع التربة تحت الأساس:

وهي التي ينقل إليها الحمل وقد تكون على صورة من إحدى الصور الآتية:

- تربة صلبة غير قابلة للإنضغاط، مثل الأراضي الصخرية ويمكن تشييد المبنى فوقها مباشرة دون أساس أو باستعمال أساس بسيط على أن تكون الأحجار المكونة للأرض خالية تماما من الشروخ.
- تربة قابلة للانضغاط، وهي الصلبة نوعا ما مثل الأرض الزراعية المتجانسة أو الأرض الطفيلية ومنها الصلبة أو متوسطة الصلابة.
- الأرض الهاربة، وهي الأرض الرملية الغير محصورة أو الردم وهي التي لا يمكن أن تثبت في وضع واحد بل يقتضي حصرها عند التأسيس عليها حتى تكون ساكنة غير متحركة نتيجة لما يقع عليها من أحمال.

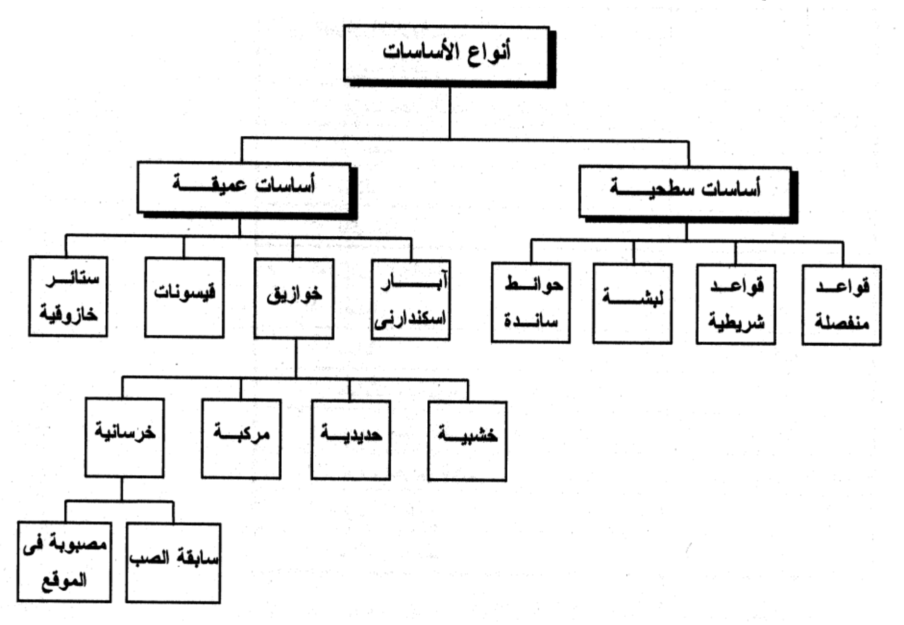
3-2-2-2- حجم ونوع المنشأ:

حجم ونوع لمنشأ يحدد مقدار الأحمال المنقولة إلى التربة.

وتتكون التربة المصرية عادة من العناصر الآتية: الصخر (جرانيت – حجر جيري – حجر رملي)، والصخور التالفة، والزلط، والزلط المتحجر، والرمل، والطمى، والطين.

3-3- أنواع الأساسات:

تنقسم أنواع الأساسات بصفة عامة إلى نوعين أساسيين يحتوى كل منها على عدة طرق للتأسيس حسب نوع التربة وحمل المبنى .... وهذين النوعين هما: أساسات سطحية وأساسات عميقة. ويوضح شكل (13) الأنواع المختلفة للأساسات.



شكل (13): الأنواع المختلفة للأساسات.

3-3-1- الأساسات السطحية:

تستخدم الأساسات السطحية عندما يكون المبنى المطلوب إنشاؤه صغير نسبيا والأحمال الموجودة به صغيرة بالإضافة إلى تحمل تربة موقع المنشأ للأحمال الواقعة عليها من هذا المبنى بأمان، وتشمل القواعد المنفصلة والمتصلة واللبشات وتعمل عندما تكون الطبقات السطحية للتربة تحت المبنى قادرة على تحمل الأحمال بأمان، وهي إما أن تكون أساسات سطحية لمباني حوائط حاملة أو لمباني هيكلية.

3-3-1-1- القواعد المنفصلة:

وهي تتكون عادة من الخرسانة العادية تعلوها قاعدة من الخرسانة المسلحة يعلوها العمود، وتقوم القاعدة المسلحة بتوزيع أحمال العمود الذي يعلوها على القاعدة الخرسانة العادية التي تحتها والتي تقوم بدورها بتوزيع الأحمال على التربة كما هو مبين فى شكل رقم (14). وقبل تحديد أبعاد القاعدة يجب تحديد أبعاد العمود كما يلي:

$$\text{مساحة العمود (سم}^2\text{)} = \frac{\text{الحمل على العمود}}{\text{الإجهاد المسموح به للخرسانة المسلحة}}$$

وتحدد أبعاد العمود –التي تعطى المساحة المطلوبة له إنشائيا– حسب وضعه في المبنى وحسب التصميم المعماي، فقد يكون العمود مربعا أو مستطيلا أو مستديرا...إلخ. ويجب ألا يقل طول أي ضلع للعمود عن 25 سم.

كما يجب ربط القواعد المنفصلة بسملات أو ميد من الخرسانة المسلحة ويكون مستواها إما في مستوى القواعد المسلحة أو أعلى منها بحيث تدخل السملات في الأعمدة، وتسلح هذه السملات طبقاً لوظيفتها الإنشائية ويراعى أن يوضع بها تسليح مناسب يمنع حدوث هبوط متفاوت من القواعد المختلفة، وفي حالة وجود قصة ردم في الدور الأرضي (أي أن مستوى الدور الأرضي أعلى من سطح الأرض) تنفذ السملات الخارجية على القواعد أو مع الأعمدة، ولكن تحت منسوب سطح الأرض بحوالي من 15 سم إلى 20 سم، أما السملات الداخلية فتنفذ بحيث يكون ظهرها (من أعلى) مع ظهر منسوب دكة الخرسانة العادية للأرضيات. وقد يلزم عمل سملين فوق بعضهما أحدها علوي الآخر سفلى، كما قد تعمل رقاب أعمدة أو مخدات فوق السملات السفلية لحمل السملات العلوية. السملات عادة بعرض الحائط أو أكبر بحوالي من 3 سم إلى 5 سم لتسيل التنفيذ.

وتوجد بعض الحالات الخاصة لأساسات القواعد المنفصلة كما هو مبين في شكل رقم (15) وهى:

أ –القواعد المشتركة:

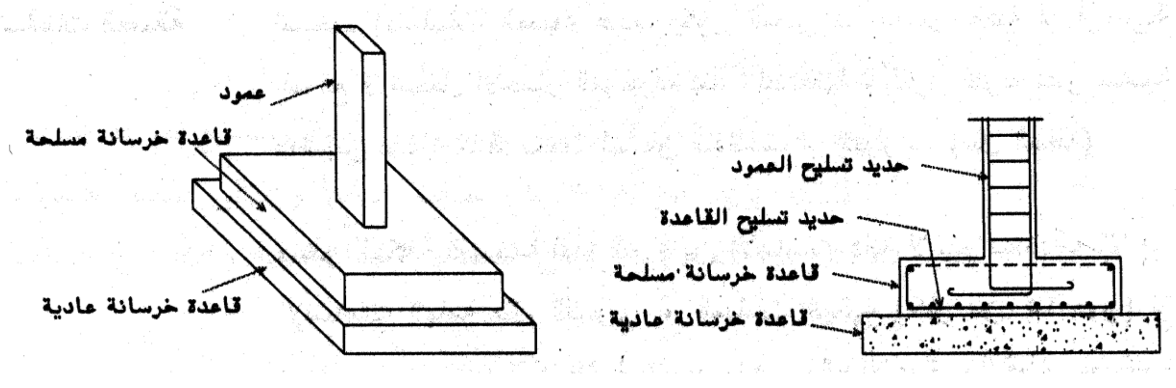
وتعمل عند زيادة الأحمال في بعض أجزاء المبنى لدرجة تستدعى كبر حجم القاعدة لدرجة قربها الشديد من قاعدة أخرى مما يستدعى ضم القاعدتين في قاعدة واحدة، وقد يحدث هذا للخرسانة العادية فقط أو لكل من الخرسانة العادية والمسلحة حسب الحالة.

ب قواعد الجار:

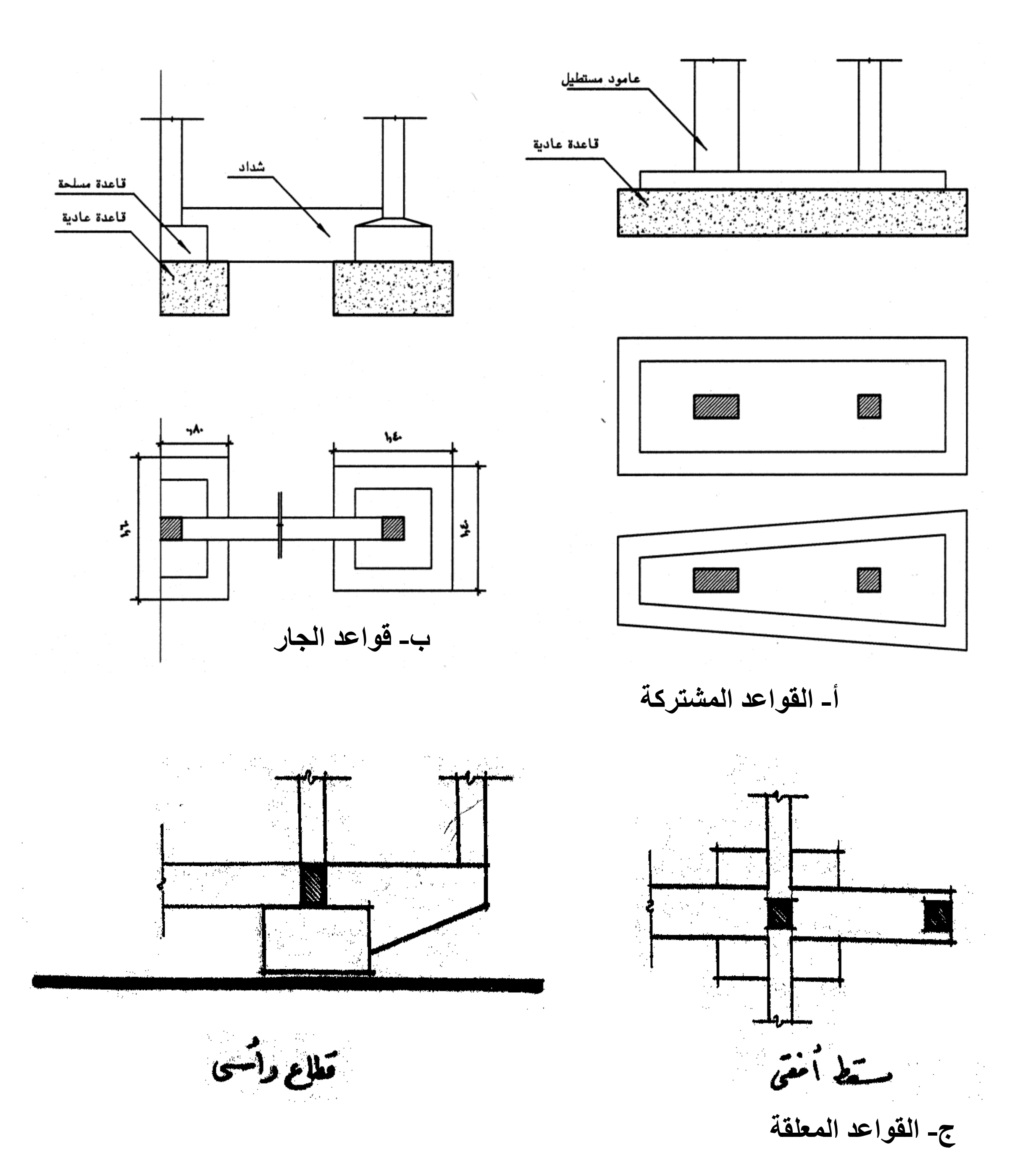
وتعمل عند حدود الجيران في حالة أن يكون المبنى على حد الأرض حيث من المستحيل أن يتداخل أي جزء من المبنى في أرض الجار حتى ولو كانت أساسات المبنى، ويبين شكل (15) كيفية ربط هذا النوع من القواعد بباقي قواعد المبنى بالكمرة الرابطة (شداد) منعا لانقلاب القاعدة نظرا لعدم مركزية الحمل الواقع عليها.

ج –قواعد معلقة:

وتستخدم في حالة وجود نقطة ضعف في مسطح الأساسات لا يراد التأسيس عليها، وتصلح عادة للأحمال الغيرة مثل أحمال الأسوار أو المباني المحدودة الارتفاع.



شكل رقم (14): القواعد المنفصلة.



ب- قواعد الجار

أ- القواعد المشتركة

ج- القواعد المعلقة

شكل رقم (15): الحالات الخاصة لأساسات القواعد المنفصلة.

3-3-1-2- القواعد الشريطية:

وهي تسمى أيضا أساسات مستمرة، وتتم عن طريق حفر خندق في الأرض لكل حائط من حوائط المبنى، ويوضح الشكل رقم (16) مبادئ تصميم هذا النوع من الأساسات.

ويمكن تقسم الأساسات السطحية للمباني الحوائط الحاملة طبقا لنوعية مواد البناء المكونة لها كما يلي، وكما بالشكل رقم (17):

أ -الأساس من الطوب والخرسانة العادية:

ويعمل الأساس كما يلي:

- عرض خرسانة الأساس لا يقل عن ثلاثة أمثال سمك الحائط.
- سمك خرسانة الأساس لا يقل عن سمك الحائط وبحد أدنى 25 سم.
- عرض المباني فوق خرسانة الأساس ضعف سمك الحائط.
- يتناقص عرض الحائط فوق خرسانة الأساس كلما اتجهنا إلى أعلى ويقل عرض المباني نصف طوبة من الجهتين كلما ارتفعنا بمقدار مدماك واحد أي يقل ربع طوبة من كل جهة في المدماك حتى تصل إلى سمك الحائط ويعرف هذا التناقص بالقصات.

– تبنى جميع القصات بالرباط الآدي.

ب- **الحوائط من الدبش والأساس من الدبش:**

كان هذا النوع من الأساس شائعا منذ زمن بعيد، حيث يتم توزيع الأحمال فيه على خطوط لا يزيد ميلها عن (1 : 2)، ويحدد عدد القصات من تحديد ارتفاع كل قصة (من 30 إلى 60سم).

ج- **الحوائط من المباني الطوب أو الدبش على أساس من الخرسانة العادية:**

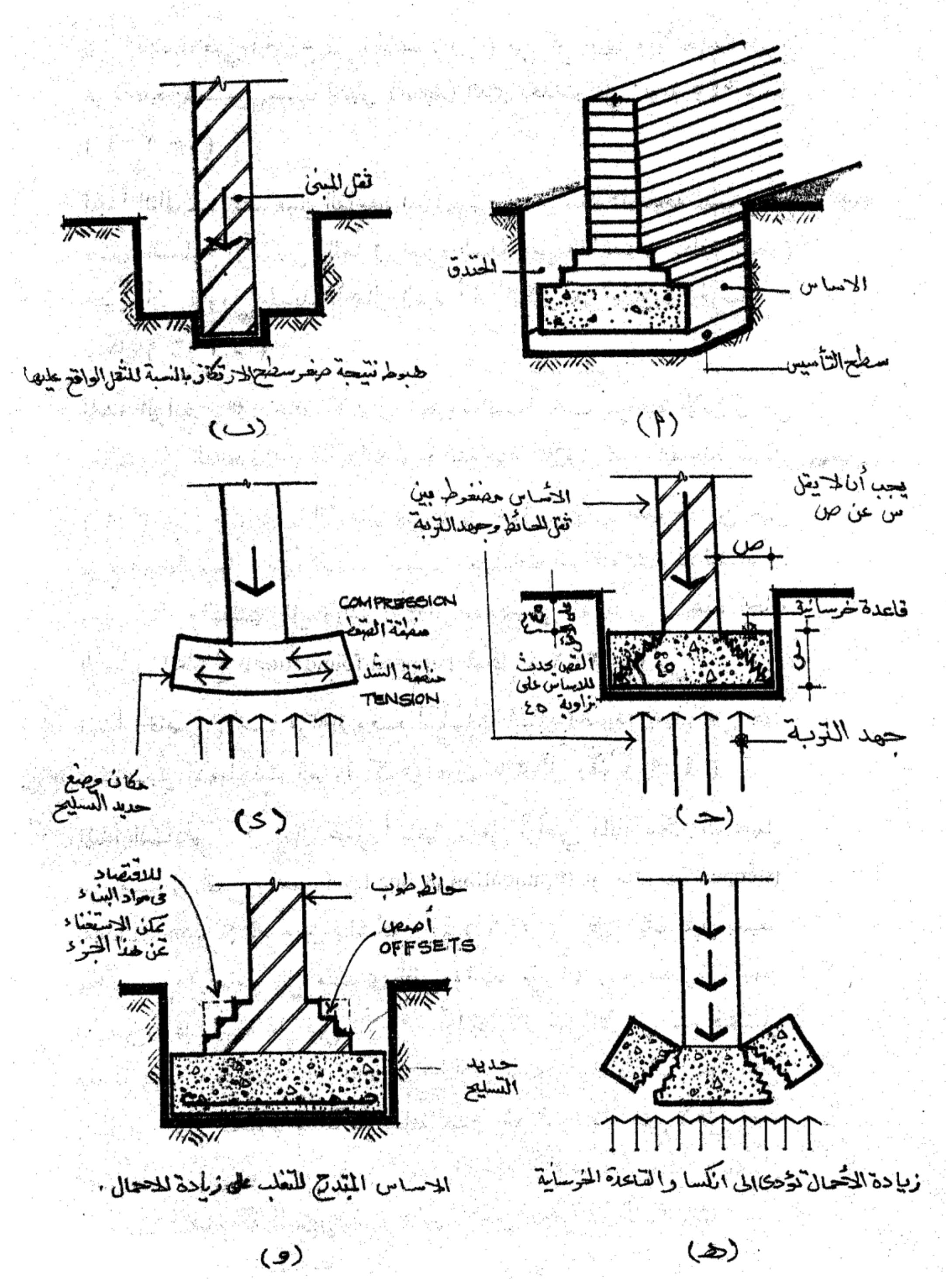
هذا النوع من الأساس مثل الذي يسبقه، ولكن الأساس من الخرسانة العادية.

د- **الحوائط من المباني الطوب أو الدبش والأساس من الخرسانة العادية والمسلحة:**

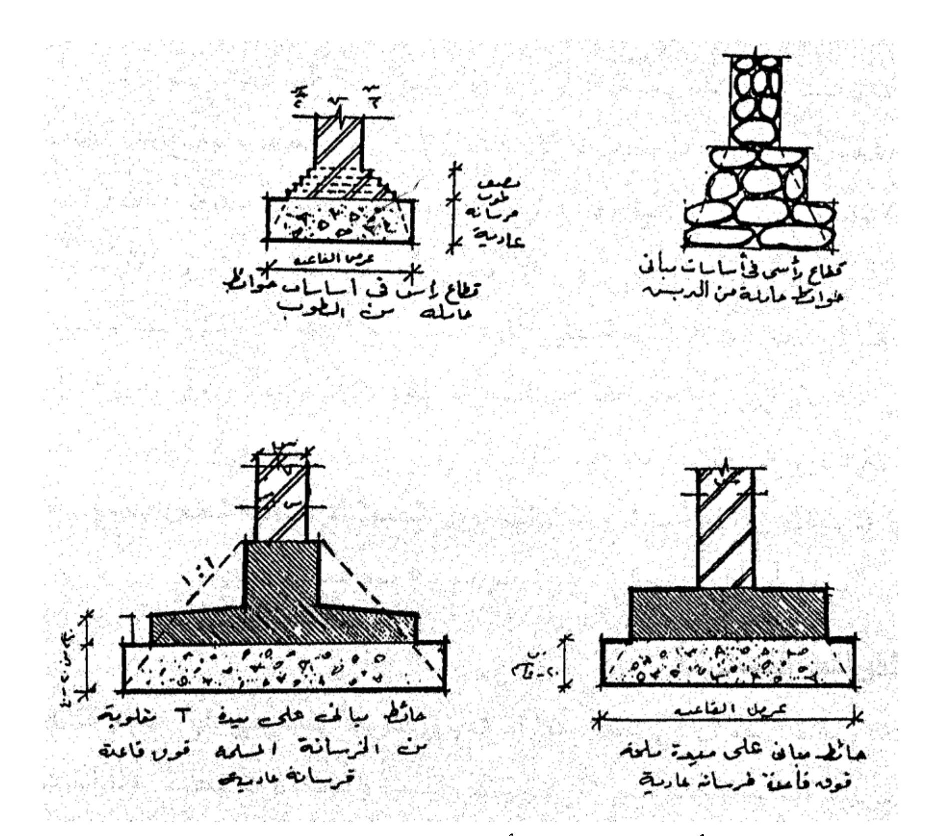
ويبلغ ارتفاع الخرسانة العادية تحت المسلحة من 20 إلى 40 سم تقريبا، ويكون عرض الخرسانة العادية هو عرض الأساس، ثم يحسب سمك وتسليح الخرسانة المسلحة حسب نظريات التصميم الخاصة بها.

هـ- **الحوائط من المباني الطوب أو الدبش والأساس على شكل كمرة مقلوبة من الخرسانة المسلحة:**

يحدد عرض الأساس وسمك الخرسانة العادية وعرض الخرسانة المسلحة طبقا للأحمال وجهد التربة وحسب نظريات التصميم الإنشائي.



شكل رقم (16): مبادئ تصميم أساسات القواعد السطحية للمباني الحوائط الحاملة.



شكل رقم (17): الأنواع المختلفة للأسلسات السطحية للمباني الحوائط الحاملة.

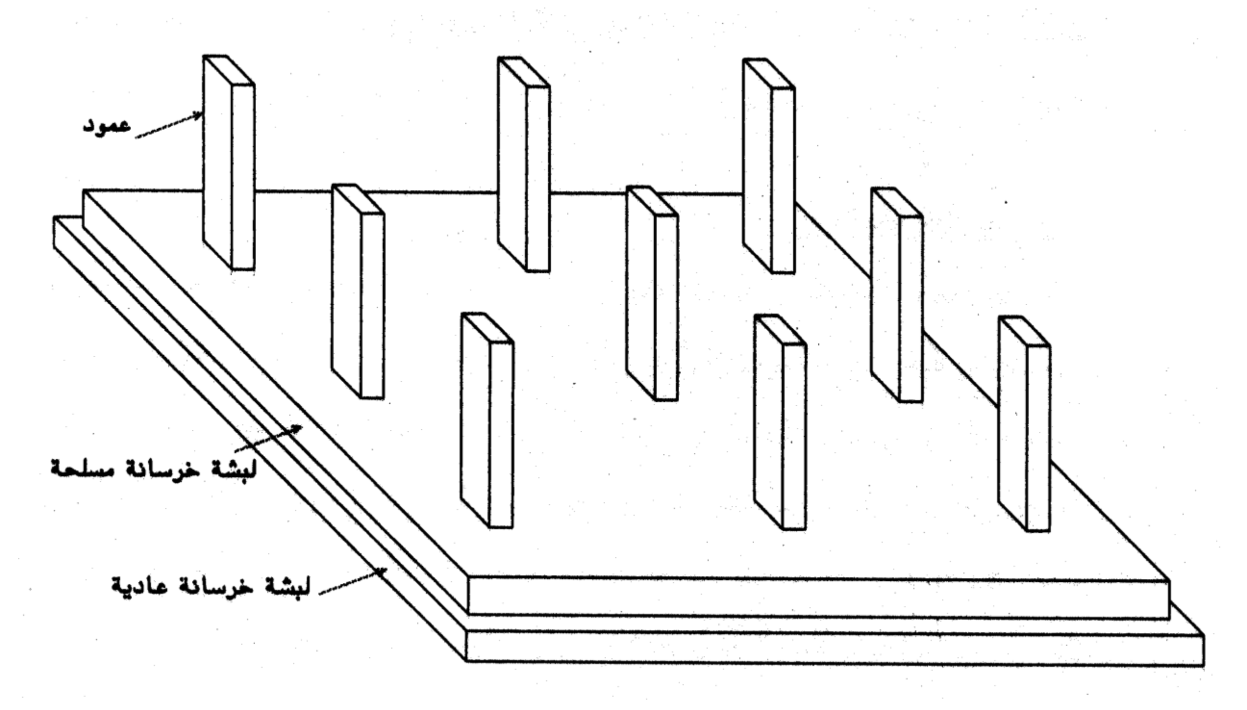
3-3-1-3- التأسيس على لبشات: Raft Foundations

عند زيادة أحمال المنشأ أو عدد أدواره أو كانت التربة ضعيفة لدرجة تقتضي حفر حوالي 60% أو أكثر من سطح الأرض لعمل القواعد المنفصلة يفضل في هذه الحالة عمل لبشة عمومية لحفر الأرض كلها لمنسوب طبقة التأسيس ثم عمل أساس واحد مشترك لجميع الأعمدة يوزع الأحمال من المنشأ على التربة بشكل يقرب من المنتظم، وبالتالي يصبح اقتصاديا استخدام هذا النوع لتوفيره في استخدام الشدة الخشبية وكذلك مصنعية حديد التسليح، ويوضح شكل رقم (18) لبشة من الخرسانة العادية والمسلحة.

ولا يفضل استخدام هذا النظام عند التأسيس على التربة المنتفشة (الطفلة) لما يسببه من زيادة الاجهادات الواقعة على الأساسات نتيجة انتفاش التربة.

وتنفذ اللبشة بإحدى الطرق الآتية:

- لبشة من الخرسانة العادية تعلوها قواعد منفصلة من الخرسانة المسلحة تربطها سملات.
- لبشة من الخرسانة العادية تعلوها لبشة من الخرسانة المسلحة المفرغة بكمرات مقلوبة أو بدون كمرات مقلوبة طبقاً للتصميم الإنشائي.
- لبشة من الخرسانة العادية تعلوها لبشة من الخرسانة المسلحة المستمرة.

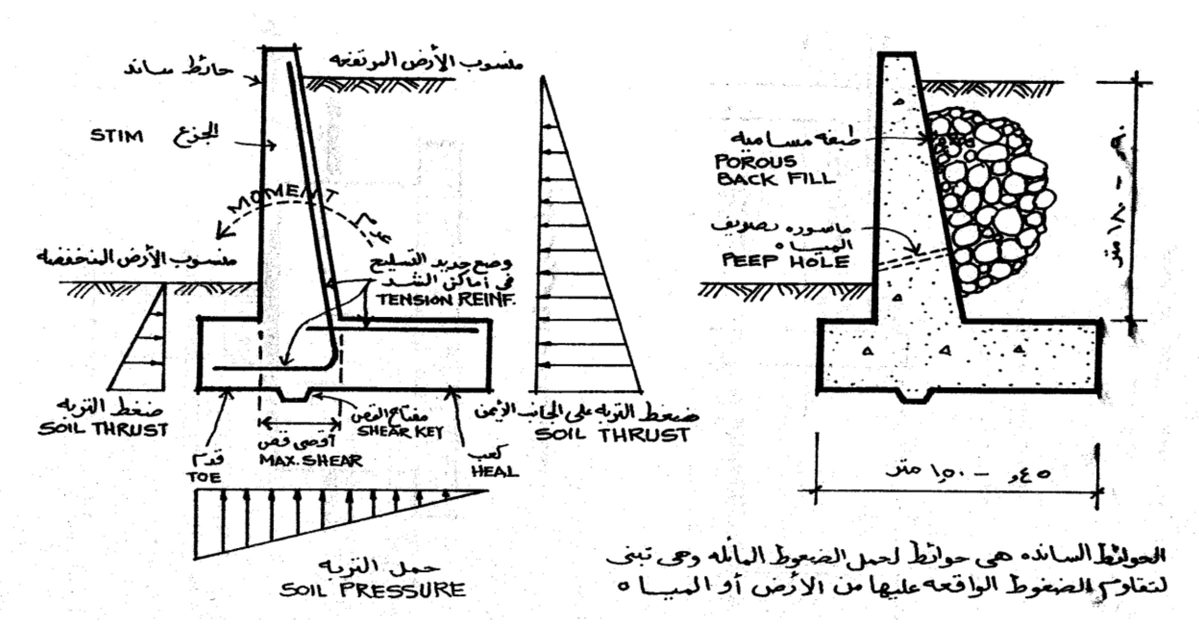


شكل رقم (18): لبشة من الخرسانة العادية والمسلحة.

3-3-1-4- الحوائط الساندة:

تستخدم هذه الحوائط عندما يكون مطلوب إنشاء مبنى يختلف منسوب الاستخدام فيه عن منسوب الأرض المحيطة كما في حالة أنفاق السيارات أو لإنشاء الكباري على المجارى المائية، حيث أن هذا الحائط يقوم بسند التربة المجاورة ذات المنسوب المرتفع عن منسوب المياه الموجود بالمجرى المائي، وهذا النوع من الأساسات يتم تصميمه أساسا لتحمل الأحمال الجانبية للتربة كما يمكن استخدام الحوائط الساندة لتحمل الأحمال الرأسية إذا لزم الأمر.

كما يمكن استعمال هذه الحوائط لحمل الأسقف المائلة أو العقود أو القبوات أو الأسوار ذات الأطوال والارتفاعات الكبيرة، كما أنها تتحمل ضغط الرياح أو التربة التي تقع في مناسيب منخفضة من سطح الأرض، وقد تحتاج هذه الحوائط إلى أكتاف أو دعامات بارزة عن البناء، وقد تكون هذه الأكتاف متباعدة عن بعضها بمقدار 3/1 ارتفاع الحائط الساند على أن يكون الحائط مائلا أو متدرجا حسبما يكون السمك المحدد له.



شكل رقم (19): تفاصيل الحوائط الساندة والقوى الرئيسية المؤثرة عليها.

3-3-2- الأساسات العميقة:

عند استحالة التأسيس قرب سطح الأرض باستعمال الأساسات السطحية يمكن الاتجاه إلى استعمال الأساسات العميقة وهي الطريقة التي تنقل منها الأحمال إلى أعماق كبيرة حيث توجد طبقات التربة الصالحة للتأسيس والتي يمكنها تحمل المنشأ بأمان.

ونظرا للتكلفة الضخمة لهذا النوع من الأساسات فإنه لا يتم استخدامه إلا في الإنشاءات الهامة مثل الكباري أو المنشآت العالية (أكثر من 15 دور) أو المداخن.

وتنقسم الأساسات العميقة إلى أربعة أنواع هي: الآبار الإسكندرانى والخوازيق والقيسونات والستائر الخازوقية.

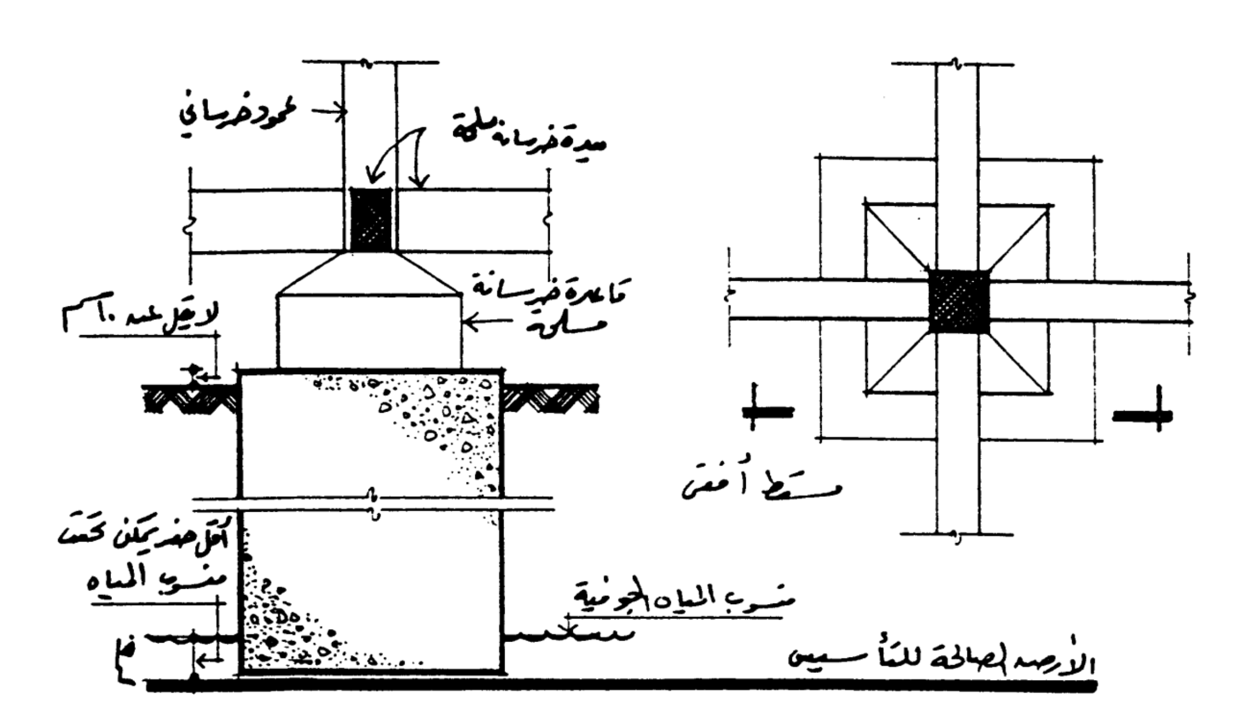
3-3-2-1- الآبار الإسكندرانى:

يلجأ إلى هذا النوع من التأسيس عندما تكون طبقات التربة قرب سطح الأرض غير صالحة للتأسيس ولكن توجد تحتها طبقات قوية على أن تكون طبيعية الأرض تسمح بحفرها رأسيا بدون انهيار جوانب الحفر وأن لا توجد مياه جوفية في حدود عمق التأسيس.

وأشهر أنواع الآبار النوع المعروف بالآبار الاسكندرانى، حيث ترجع التسمية إلى استعمال هذا النوع من الأساسات في الإسكندرية منذ عهد اليونان عندما كانت إمبراطورية الاسكندر الأكبر. وتعتمد نظرية التأسيس بهذا النوع على حفر آبار بمقاس لا يقل عن 80 × 80 متر (أقل مساحة يمكن للعامل

أن يحفر بداخلها) وبعمق كبير يتوقف على صلابة الأرض وعدم انهيار جوانبها وعلى عمق المياه الجوفية أيضا، حيث يتم الحفر حتى الوصول لمنسوب 50 سم على الأقل تحت منسوب المياه الجوفية وتملأ هذه الآبار بالخرسانة العادية لتكون قاعدة عميقة من الخرسانة العادية تحت القواعد المسلحة التي تعلوها أعمدة المبنى، أنظر شكل رقم (20).

وعند تصميم الأساس بهذه الطريقة قد تهمل مقاومة احتكاك حوائط البئر مع التربة حوله نظير إهمال وزن البئر نفسه، كما تحدد أبعاد البئر في المسقط الأفقي من واقع الاجهادات التي تتحملها التربة عند منسوب التأسيس الذي قد ينخفض أكثر من 12 متر عن سطح الأرض.



شكل رقم (20): مسقط أفقي وقطاع رأسي في بئر إسكندرانى.

3-3-2-2- التأسيس على خوازيق:

الغرض من استعمال التأسيس على خوازيق هو نقل أحمال المنشأ من مستوى قريب من سطح الأرض خلال طبقات ضعيفة قابلة للإنضغاط إلى طبقات عميقة (السطح الصالح للتأسيس) أكثر تحملا لضغوط المنشأ في حالة عدم وجود هذا السطح المناسب على أعماق قريبة.

وتتقسم الخوازيق من حيث طريقة نقل أحمال المنشأ إلى نوعين أساسيين هما: خوازيق الاحتكاك، وخوازيق الارتكاز، وهناك خوازيق تجمع بين النوعين، أنظر شكل رقم (21).

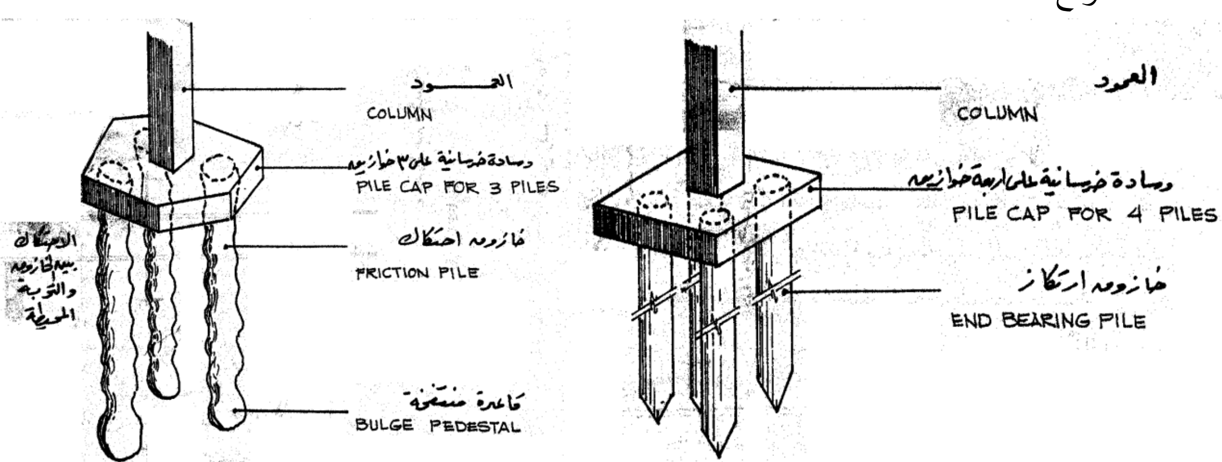
أ - خوازيق الاحتكاك:

وتعتمد على تحمل التربة المحيطة بالخازوق للأحمال الناتجة عن المبنى بالاحتكاك المباشر، وعادة يتحدد طول الخازوق بمقدار 30 مرة قطره، كما يتخذ الخازوق شكل متعرج مما يساعد على زيادة قوة الاحتكاك بينه وبين التربة المحيطة.

ب - خوازيق الارتكاز:

وتعتمد على نقل أحمال المبنى إلى أعماق كبيرة تتراوح بين 8 متر إلى 25 متر تحت سطح الأرض حسب عمق السطح المناسب للتأسيس وهي تستعمل للمباني الهيكلية ذات الأحمال الكبيرة.

ولما كانت الضغوط الناشئة داخل التربة في كل حالة من هذه الحالات تختلف عن الأخرى لذلك يجب ملاحظة عدم تعرض طبقات ضعيفة من التربة إلى ضغوط كبيرة ناشئة عن استعمال الخوازيق والعوامل التي تحدد ذلك هي طول الخازوق ومساحة المبنى وتكوين طبقات التربة في الموقع.



شكل رقم (21) أنواع الخوازيق طبقا لطريقة نقلها للأحمال.

ويمكن تقسيم الخوازيق طبقا للمواد المستعملة فيها إلى أربعة أنواع هي: خوازيق خشبية وخوازيق حديدية وخوازيق مركبة وخوازيق خرسانية، انظر شكل رقم (22).

3-3-2-2-1- الخوازيق الخشبية:

وتستعمل للأراضي الطينية الرخوة، وقد تستعمل الخوازيق الطويلة منها للأرض الرملية، ويراعى أن يكون الخشب المستخدم خالي من العيوب ومقاوم للمؤثرات المتعرض لها، كما يجب دهانها بمادة البيتومين حتى تقوم التعفن والتآكل، وتعتبر الخوازيق الخشبية نادرة الاستعمال حاليا.

3-3-2-2-2- الخوازيق الحديدية:

ويستعمل هذا النوع في التربة ذات الكثافة العالية والأحمال الكبيرة لسهولة اختراق هذه الخوازيق لها. ويعمل هذا النوع إما من كمرة من الحديد أو ماسورة تملأ بالخرسانة. وفي بعض الحالات يدهن سطح هذه الخوازيق المعرضة للتربة وجهين على الأقل بالبيتومين أو القطران أو بطلائها بالسلقون وبوية الزيت لحمايتها من الصدأ، ويعتبر هذا النوع نادر الاستعمال في الوقت الحالي.

3-3-2-2-3- الخوازيق المركبة:

ويتكون هذا النوع من الخوازيق من مادتين مختلفتين مثل دق خازوق خشبي في الأرض حتى سطح التأسيس ثم عمل خازوق خرساني فوقه يصل إلى سطح الوسادة، ويعتبر استعمال الخازوق الخشبي تحت منسوب المياه الجوفية يعطى حياة أطول للخشب أما استعمال الخرسانة فوق المياه الجوفية يعطى توفير في الأساسات.

3-3-2-2-4- الخوازيق الخرسانية:

تعتمد هذه الخوازيق على طريقة الدق للوصول إلى الطبقة الصالحة للتأسيس، وهي تنقسم إلى نوعين هما: خوازيق جاهزة الصب، الخوازيق التي تصب في مكانها.

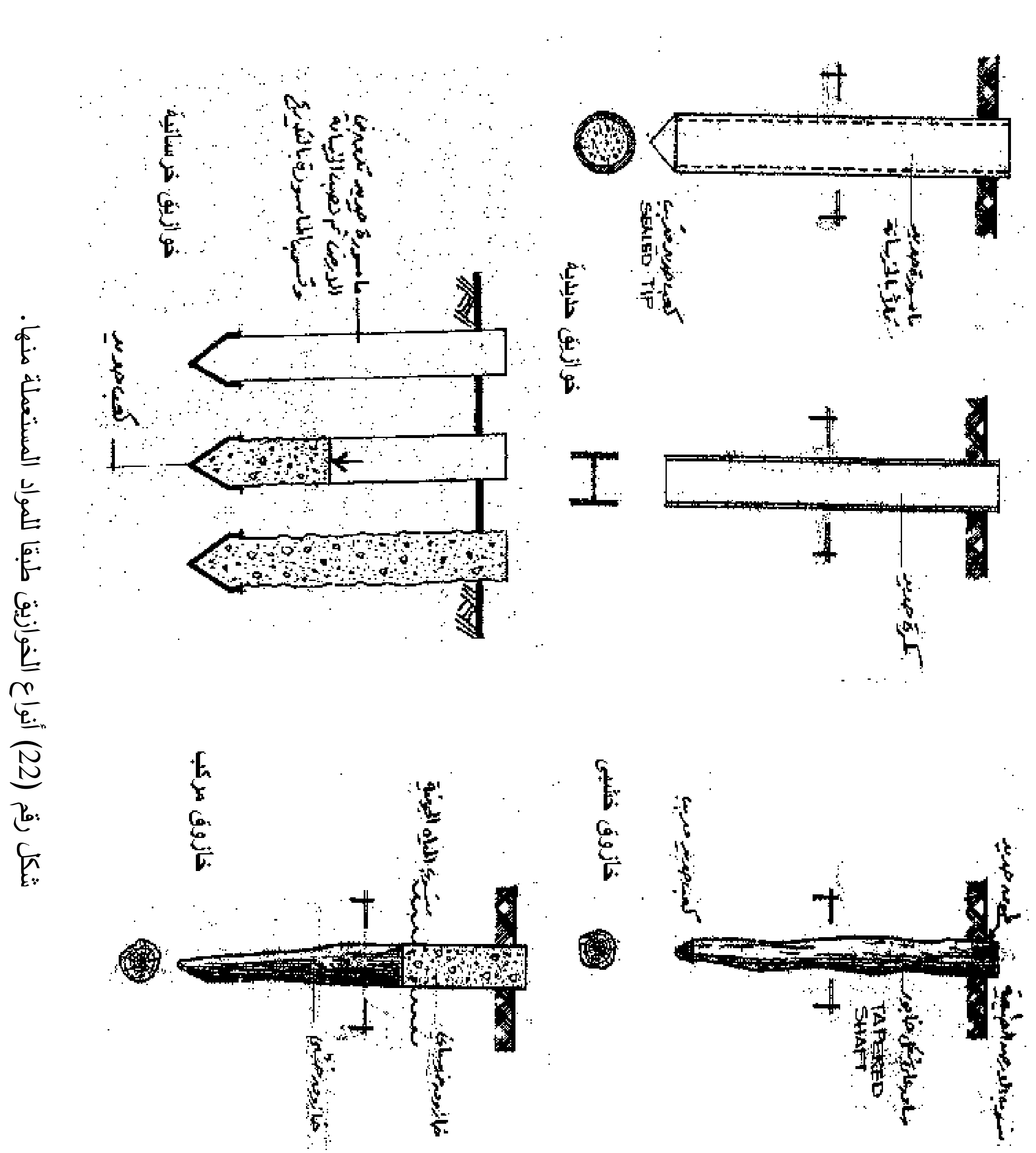
أ- خوازيق جاهزة الصب:

وهي شائعة الاستعمال في الأعمال الإنشائية الكبرى مثل أساسات الكباري ومحطات القوى والأساسات التي تحت الماء، بينما يندر استعمالها في أعمال المباني العادية. وتختلف قطاعاتها من 30 × 30 سم إلى 50 × 50 سم وتصب في فرم من الخشب أو الحديد وتستعمل الهزازات لدمك الخرسانة، وحديد تسليحها لا يقل عن 1.5 من مساحة قطاع الخازوق وكانات كل 20 سم. ولا يدق الخازوق قبل 28 يوم من صبه.

ب- الخوازيق التي تصب في مكانها:

تعمل هذه الخوازيق بصفة عامة بإنزال ماسورة من الصلب في طبقات الأرض المختلفة وتتراوح قطر الماسورة الخارجي من 20 سم إلى 50 سم وقد تصل إلى 110 سم وأما طول الماسورة (عمق الخازوق) فيتراوح من ستة أمتار إلى خمسة وعشرون متراً طبقاً طبيعة التربة، ويكون

للماسورة كعب بأسفلها يترك عند رفع الماسورة. وتنقسم الخوازيق التي تصب في موقعها حسب طريقة إنزال الماسورة إلى نوعين هما: خوازيق ميكانيكية وخوازيق يدوية.



شكل رقم (22) أنواع الخوازيق طبقا للمواد المستعملة منها.

- **خوازيق ميكانيكية:**

وفيها تسد الماسورة من أسفل بكعب من الحديد الزهر أو الخرسانة ثم تدق الماسورة بواسطة مطرقة بخارية أو ديزل تزن حوالي من 2 إلى 4 طن، وبذلك تخترق الماسورة طبقات الأرض إلى العمق المطلوب وفي هذه الطريقة يتكون الخازوق بإزاحة التربة جانبيا لعمل الفراغ اللازم للخازوق.

- **خوازيق يدوية:**

وفيها تنزل الماسورة باستخراج التربة التي بداخلها بواسطة البريمة أو البلف حتى العمق المطلوب وفي هذه الحالة لا توجد إزاحة جانبية ويشغل الخازوق الفراغ الناتج من التربة المستخرجة.

وبعد أن تصل الماسورة إلى العمق المطلوب بإحدى الطريقتين السابقتين تملأ من الداخل بالخرسانة ثم تشد إلى أعلا حتى تستخرج بأكملها من التربة لتستعمل في دق الخوازيق الأخرى، ونتيجة هذه العملية هي ترك عمود الخرسانة داخل الأرض يقاوم الأحمال المرتكزة عليه بواسطة كل من الاحتكاك بين سطحه الخارجي وبين طبقات الأرض والارتكاز عند كعبه.

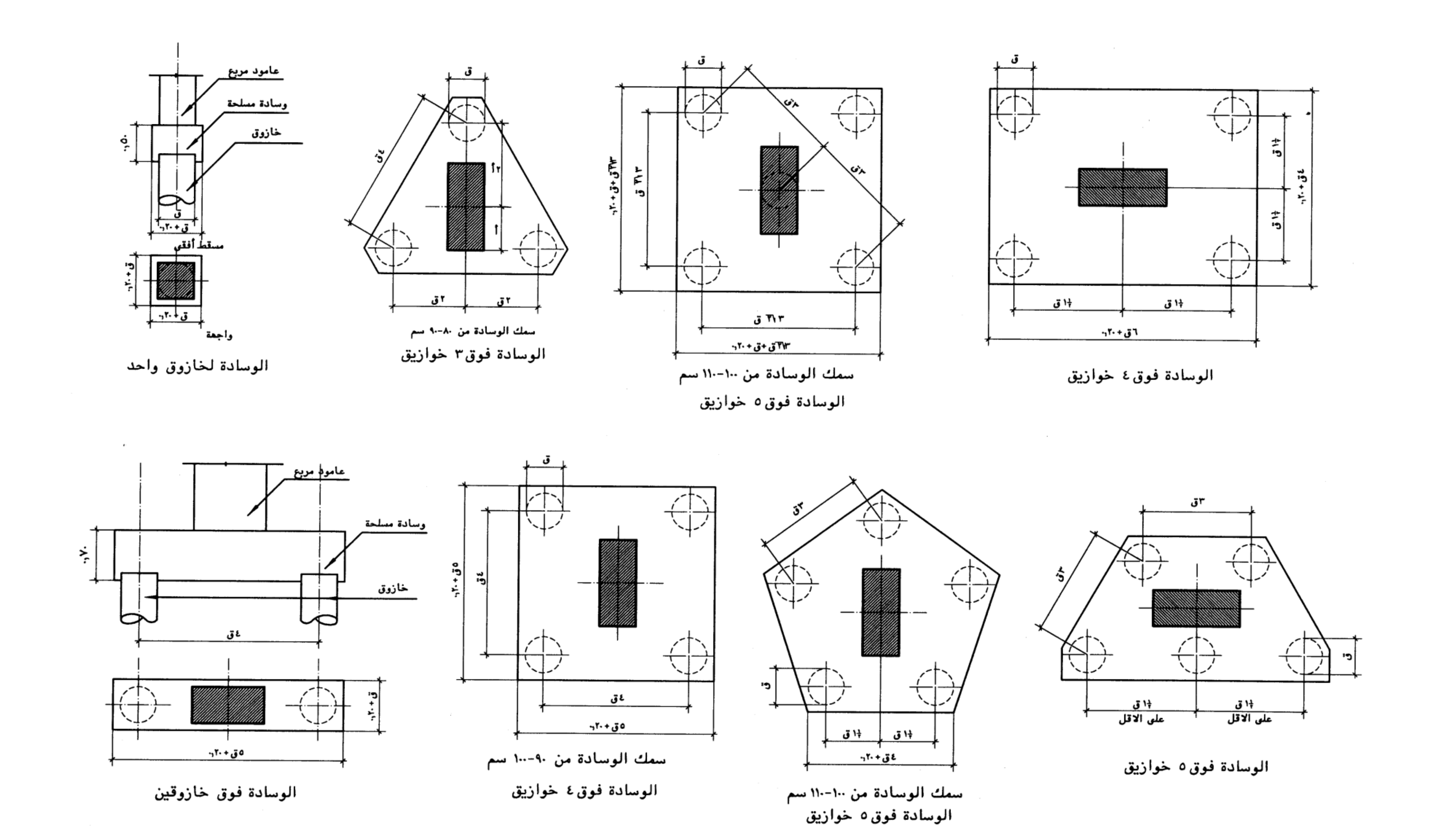
- **الوسادات فوق الخوازيق:**

لكي تنتقل الأحمال المركزة في الأعمدة إلى الخوازيق الموزعة تعمل وسادات فوق رؤوس الخوازيق تصمم بحيث توزع الأحمال بالتساوي على الخازوق، وتأخذ هذه الوسادة فوق الخوازيق أشكالا مختلفة حسب عدد الخوازيق التي تحتها وحمل العمود الذي فوقها، أنظر شكل رقم (23).

ويحدد عدد الخوازيق اللازم تحت كل عمود بقسمة حمل العمود على حمل التشغيل للخازوق مع جبر الكسر وذلك طبقاً للمعادلة التالية:

$$\text{عدد الخوازيق} = \frac{\text{الحمل على العمود}}{\text{حمل التشغيل للخازوق}}$$

ويراعى في توزيع الخوازيق حول الأعمدة أن ينطبق مركز ثقل مجموعة الخوازيق تحت العمود مع مركز الثقل الحمل على العمود، على أن يراعى في توزيع الخوازيق ألا تقل المسافة بين محاور الخوازيق عن ثلاثة مرات قطر الخازوق وفي بعض الحالات الخاصة تصل المسافة إلى مرتين ونصف قطر الخازوق.



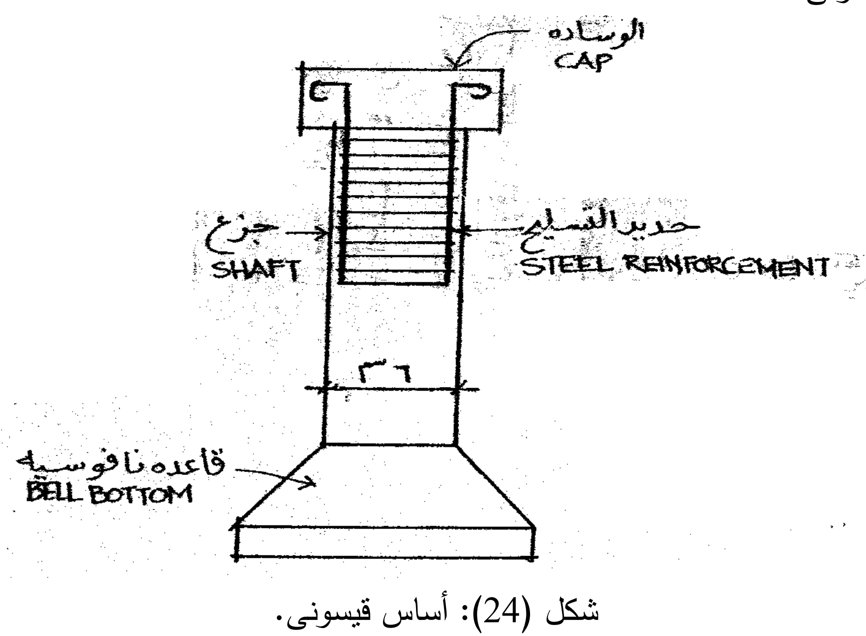
شكل رقم (23) الأشكال المختلفة للوسادات فوق الخوازيق

3-3-2-3- القيسونات:

وتستعمل هذه الأساسات فى الكباري أو الأعمال البحرية أو المجارى المائية وقطرها أكبر من قطر الأساسات الخازوقية وتتحمل أحمال أكبر منها.

وقد يعمل هذا النوع من الأساسات بالخشب أو الحديد أو الخرسانة، وقد تشيد إما داخل غرفة تغطس في المياه عن طريق عمل ستائر مانعة للمياه حولها، وهذا النوع يسمى بالحجرة الغاطسة، أو قد تشيد حجرة عمل القيسونات من النوع مفتوح السقف أو ففقول السقف والذي يستعمل هواء مضغوط لدخول الحجرة التي تكون فى هذه الحالة غاطسة بأكملها تحت الماء، ومن أمثلة ذلك عمل أساسات بغال الكباري تحت المياه.

وقد يكون أقل قطر للقيسون 60سم ويصب مع القاعدة الناقوسية في وقت واحد، ويوضح شكل (24) أساس قيسونى.



شكل (24): أساس قيسونى.

3-4-2-3- الستائر الخازوقية:

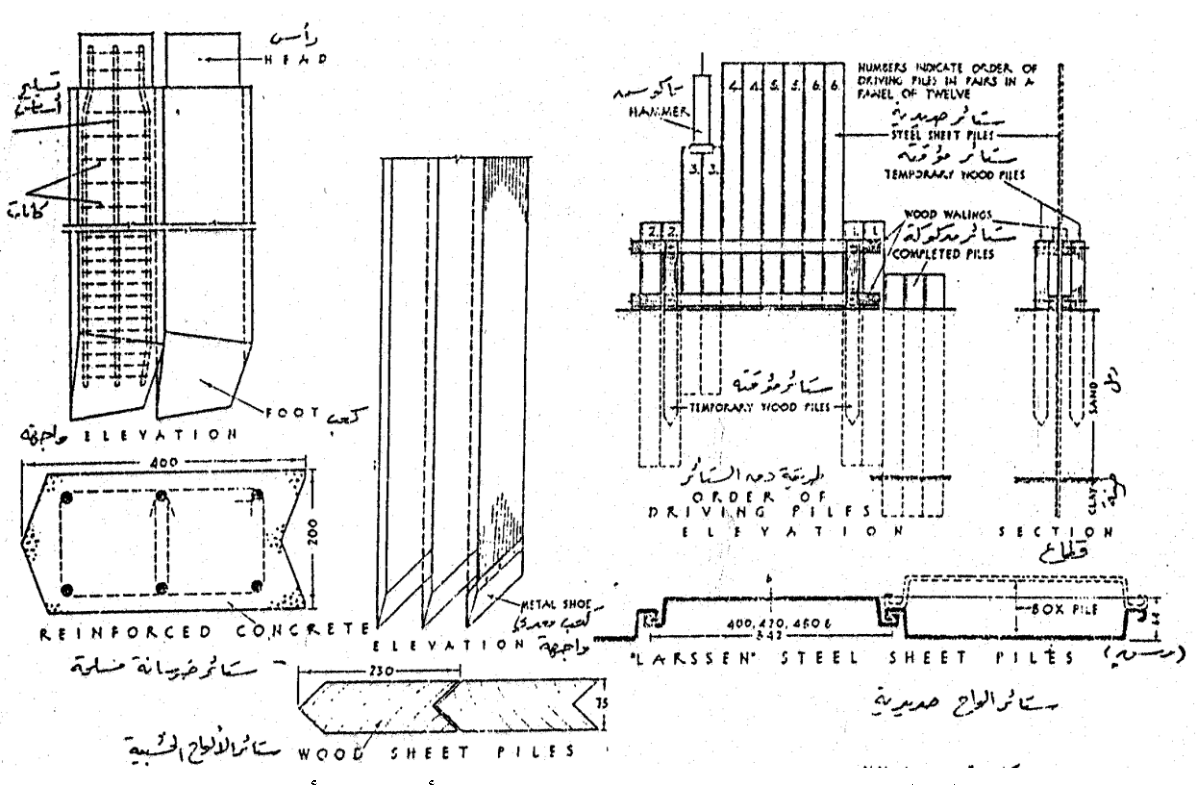
وتستعمل مثل هذه الخوازيق لاستعمالات مختلفة وهى ليست مصممة لتحمل الأحمال الرأسية عليها ولكن استعمالاتها فقط كستائر مانعة تحت المياه الجوفية، وقد تسمى خوازيق التلويح ... وتستعمل في الحالات الآتية:

- لتحمى ضفاف النهر.
- لتحمى الأساسات من نحر المياه.
- لتحمى جوانب الحفر من انهيار المياه.

- لتمنع دخول المياه داخل الحفر لزوم صب خرسانة داخل المياه.
- لصلب بعض المباني المجاورة لبعض المباني قبل الحفر.
- لتقوية جهد التربة.

وتتقسم الستائر الخازوقية كما هو مبين فى شكل (25) إلى الأنواع التالية:

- **ستائر حديدية:** وهى الشائعة الاستعمال في الوقت الحاضر ويمكن دقها لأعماق كبيرة داخل الأرض.
- **ستائر خرسانية:** وتأخذ أشكالا كثيرة ومكونة من الخرسانة المسلحة سابقة الصب.
- **ستائر خشبية:** وتستعمل دائما في الأعمال الوقتية مثل سند حائط أو خلافه.



شكل (25): الستائر الخازوقية مصنعة من الخشب أو الحديد أو الخرسانة.

4- البناء بالطوب:

البناء بالطوب عبارة عن رص قوالب الطوب بنظام خاص وربطة ببعض المونة للحصول على كتلة واحدة جميع أجزائها متماسكة بشكل يضمن مقاومتها الجيدة للضغوط التي سوف تتعرض لها، ويجب ألا يقل تحمل المونة للضغط عن تحمل القوالب نفسها.

4-1 مزايا البناء بالطوب:

من أهم مزايا البناء بالطوب الآتي:

- انتظام شكل الواجهات لانتظام مقاس الطوب نفسه حيث يظهر له منظر منظم، كما أن له طابعه المعماري خاصاً عند استعمال الطوب قطع السلك حيث يترك الحائط في هذه الحالة بدون بياض (مباني جامعة أسيوط كمثال).
- سهولة نقل الطوب لموقع العمل لصغر حجمه ووزنه، وكذلك سهولة نقلة إلى الأدوار العليا.
- سهوله استعمال الطوب ووضعه في مكانه في البناء.
- حسن التصاق الطوب بالمونة مع تعدد طرق رصه التي تحقق تماسكا متكامل للحائط ككتلة واحدة.
- مقاومة الطوب للحريق (لسبق حرقه أثناء صناعته).
- مقاومة الطوب للمؤثرات الجوية خاصة عندما يكون الطوب من نوع جيد.
- مقاسات الطوب في صوره المختلفة تحقق إمكانية بناء حائط بأسماك مختلفة تبدأ من2/1 طوبة (12سم)، وفي بعض الفواصل يمكن أن يكون 4/1 طوبة (5.5 سم).
- تنوع صورها سواء من ناحية الشكل أو مادة تكوينها يحقق نواحي فنية كثيرة (كحوائط مفرغة – حوائط خفيفة – أسقف عازلة للصوت ...إلخ).

4-2- أنواع الطوب:

توجد أنواع كثيرة من الطوب في عالم تشييد المباني، ومن أهم أنواع الطوب المستعملة في جمهورية مصر العربية الآتي:

4-2-1- الطوب الطيني:

وينقسم الطوب الطيني عموما إلى قسمين رئيسيين هما:

4-2-1-1- الطوب النئ.

4-2-1-1- الطوب النئ:

وقد يسمى الطوب الأخضر أو اللبن، ويعتبر أرخص أنواع الطوب نظرا لبدائيته في تصنيعه، ويكثر استعماله في الريف المصري.

ويصنع الطوب النئ من التربة السطحية (1م^3) من الموقع أو من على ضفاف الترع أو الأنهار ويفضل أن يكون مكونات التربة السطحية من الطين والطمي خالي من القواقع النهرية والأملاح، ويضاف إليها الرمل (1م^3) وقش أو تبن (20كجم) وماء (30% من حجم الخليط)، ويضاف التبن إلي الخلطة ليساعد على تماسك الطوب ويقلل من حدوث الشروخ فيه، ويعد خلط المكونات يدويا جيدا يصب الخليط في قوالب خشبية ويوضع تحت أشعة الشمس ليجف ويفضل أن يكون تحت مكان مظلل حتى لا يتشقق الطوب من حرارة الشمس القوية.

4-2-1-2- الطوب الأحمر:

من أشهر أنواعه المستعملة في مصر هو: الطوب البلدي وضرب السفرة وقطع السلك والمكبوس والتيراكوتا وطوب الواجهات والطفلى والمخرم، ويوضح شكل (26) الأنواع المختلفة من الطوب الأحمر.

أ -**الطوب الأحمر البلدي:**

ويصنع هذا الطوب من نفس عجينة الطوب النئ السابق ذكره ثم يجفف ويحرق فى قمينة بلدى، وعادة يكون هذا النوع غير منتظم الأحرف وغير متجانس فى الحجم واللون نتيجة حرقه الغير منتظم.

ب **الطوب الأحمر ضرب سفرة:**

يصنع هذا الطوب من طينة جيدة مخلوطة بطمي النيل وقليل من الرمل والأكاسيد والماء وتسبك في قوالب خشبية ثم تضرب على السفرة (ترابيزة خشبية) لإخراج القالب من فورمته ثم يجفف ويحرق في قمائن أو أفران مجهزة، وعادة يتحمل هذا النوع من الطوب ضغطا مقداره 30-40 كجم/سم^2، وينتج هذا الطوب عادة بمقاسات: 25 × 12 × 6سم أو 25 × 12 × 6.5سم أو 25 × 12 × 7سم، وقل إنتاج هذا الطوب في مصر في الوقت الحاضر نتيجة منع الحكومة تجريف الأراضي الزراعية.

ج **الطوب الأحمر قطع سلك:**

يصنع طوب قطع السلك من نفس عجينة طوب ضرب سفرة ولكنه يصب ويقطع بماكينات سلك رفيع، ثم يجفف ويحرق في أفران مجهزة، ولذلك فهذا النوع من الطوب يعتبر منتظم التكوين

والشكل ومتجانس في الحريق وعادة يتحمل هذا الطوب ضغطا مقداره 100–400 كجم/سم^2، كما أن مقاساته تكون عادة على النحو التالي: 23 × 11 × 5.5سم أو 25 × 12 × 6سم، ويتميز هذا الطوب عن غيره بوجود آثار تجزيعات على الطوبة نتيجة قطعها بالسلك.

د - الطوب الأحمر الضغوط:

يصنع من نفس عجينة طوب ضرب السفرة ولكنه يصب في قوالب تحت ضغط ميكانيكي، ثم يجفف ويحرق في أفران مجهزة، ويعتبر هذا الطوب أكثر صلابة من الطوب السابق ذكره وأقلهم امتصاصا للماء كما يتميز بحوافه الحادة وانتظام شكله ومقاساته، كما أنه يتحمل ضغطا مقداره 250–600 كجم/سم^2 ويكون مقاساته 23 × 11 × 5.5سم أو 25 × 12 × 6سم أو حسب الطلب.

هـ - الطوب الفخاري (التيراكوتا):

وهو طوب أحمر مفرغ خفيف الوزن يتراوح وزن المتر المكعب 600–800 كجم، ويصنع من مادة صلصالية جيدة، ويعتبر هذا الطوب مقاوم للحريق والسوس والفئران ولا يتأثر بالمياه أو الكيماويات. يبنى به دائما القواطيع والحوائط قليلة الأحمال، ويوجد منه أشكال ومقاسات كثيرة كالتالي: 19 × 19 × 9سم أو 30 × 30 × 5سم أو 30 × 30 × 20سم أو 30 × 30 × 9سم أو 30 × 30 × 15سم.

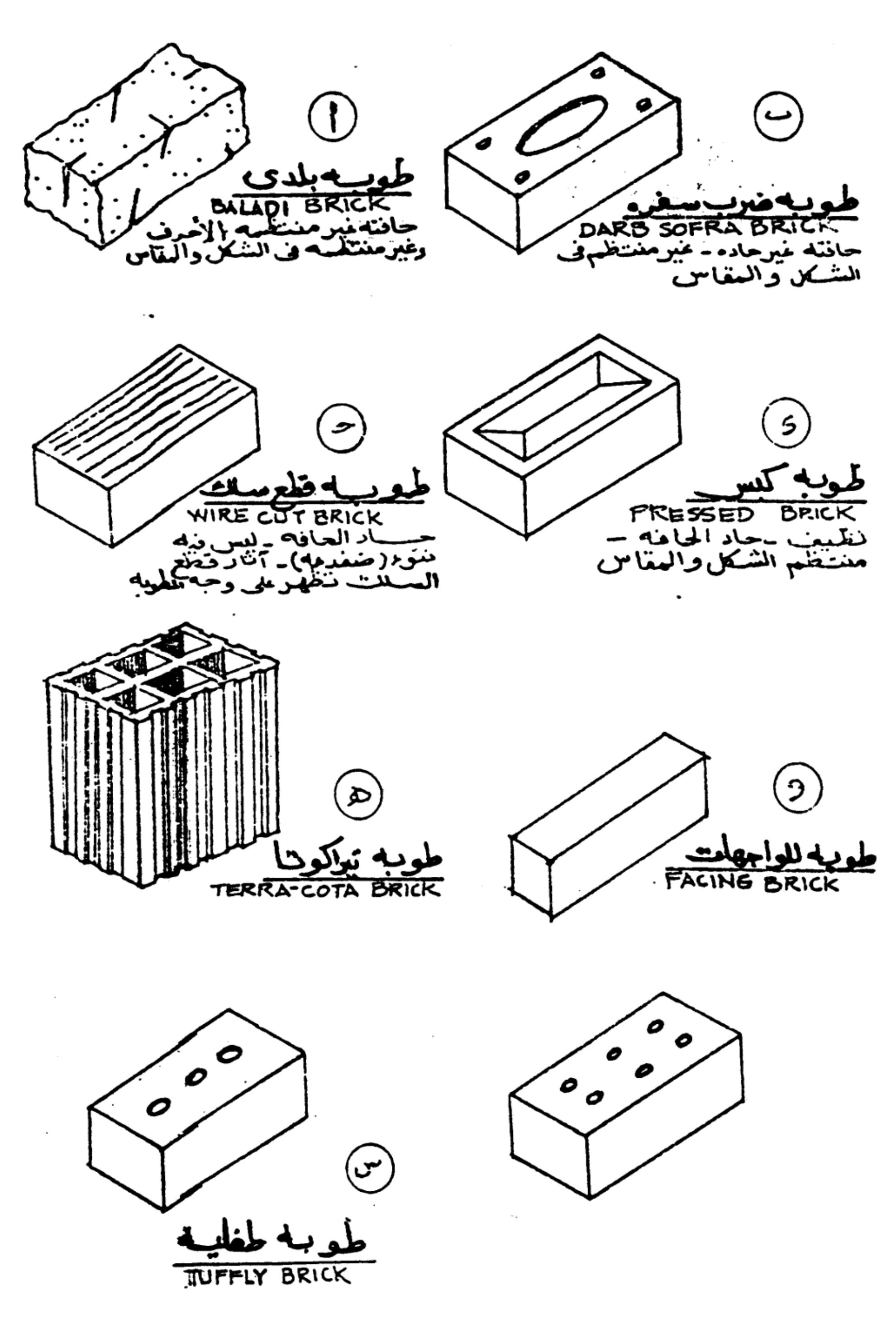
و - طوب الواجهات:

يصنع من نفس عجينة طوب ضرب السفرة ويصب في قوالب بأحجام خاصة صغيرة تحت ضغط ميكانيكي، وهذا النوع من الطوب يستعمل كسوة للحوائط الأساسية للمباني، وقد يأخذ ألوان مختلفة نتيجة الأكاسيد المخلوطة بالعجينة وقت التصنيع، كما أنه يتحمل ضغطا مقداره حوالي 180كجم/سم^2. فبجانب استعمال هذا الطوب لكسوة حوائط المبنى فإنه يقيها كذلك من العوامل الجوية ويعطيها شكل خاص، ويعتبر استعمال طوب الواجهات في المباني من أنواع إنشاء الحوائط المزدوجة. أما أبعاده فقد تكون مثل الطوب العادي أو تختلف عنه، والمقاس الشائع منها بحجم 25 × 12 × 6سم أو 23 × 4 × 4سم، وقد يصنع طوب الواجهات من طوب ملبس بالحجر ويكون له أشكال ومقاسات مختلفة أو طوب خفيف قد يصل سمكه إلى 2سم.

ز - الطوب الطفلى:

وهو طوب مفرغ بعيون دائرية، حيث يصنع من مادة طفلية تستخرج من مناطق كثيرة في مصر، حيث تطحن هذه الطفلة ويضاف عليها مادة كيماوية خاصة وتعجن ثم تشكل القوالب آليا وتحرق في أفران خاصة تحت درجات حرارة عالية في المصانع المجهزة لذلك، وينتج هذا الطوب

بالمقاسات الآتية: 25 × 12 × 6.5سم أو 25 × 12 × 10سم أو 21 × 10 × 5سم، ويعبر هذا النوع من الطوب أحد البدائل للطوب الأحمر ضرب سفرة في مصر وخصوصا بعد ما أصدرت الحكومة قانونا بعدم تجريف الأراضي الزراعية حفاظا على خصوبة الأراضي الزراعية.



شكل (26): أنواع الطوب الأحمر.

4-2-2- الطوب الرملي الجيري:

ويعرف تجارياً بالطوب الرملي ويصنع بخلط الرمل الجاف الخشن (الحرش) مع الجير الحي (مسحوق الحجارة الجيرية بعد حرقها) ثم تضاف المياه لطفي الجير ثم يكبس المخلوط في قوالب معدنية بواسطة الماكينات وتنقل القوالب للمعالجة بالبخار المحمص Superheated Stream لمدة عشر دقائق. وقد يكون الطوب الرملي ملوناً فمنه الأبيض والأحمر والوردي الفاتح والغامق والأصفر...إلخ، وقد يعمل مصمتاً أو مفرغاً ويمتاز المفرغ بخفة الوزن مع المتانة، كما يعمل منه بلوكات للأسقف والحوائط بمقاسات مختلفة.

4-2-3- الطوب الأسمنتي والخرساني:

ويصنع من خلطة من كسر الحجر الجيرى أو خبث الأفران مع إضافته للرمل والأسمنت، ويوجد منه نوعان:

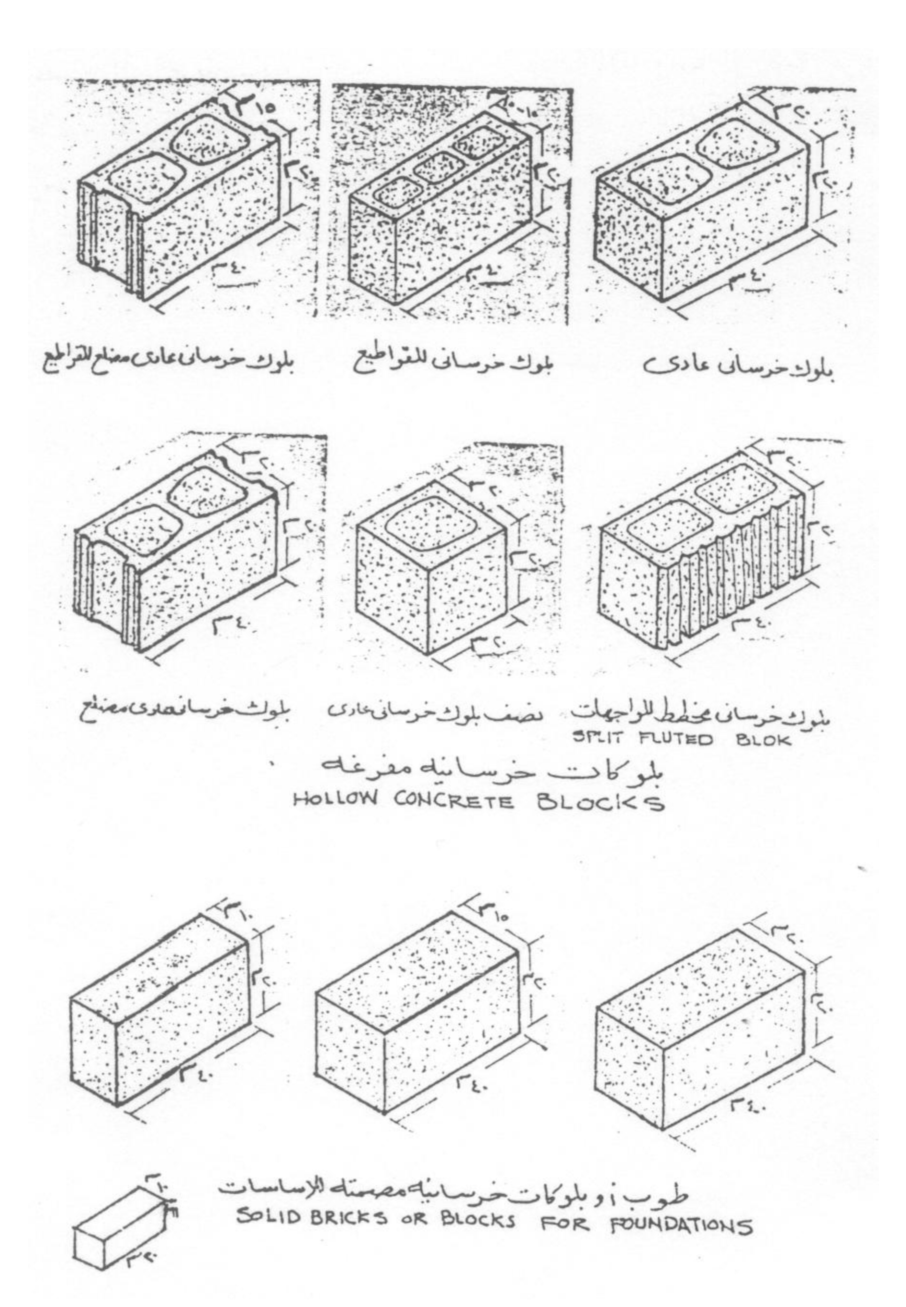
- البلوكات الخرسانية المفرغة.
- الطوب الخرسانى المصمت.

ويبين شكل رقم (27) الأشكال والمقاسات النمطية للبلوكات الخرسانية، كما يوجد من الطوب الأسمنتى ثلاثة أنواع حسب المواد المضافة إليه كما يلي:

- يصنع هذا النوع من الطوب بإضافة الأسمنت إلى الرمل مع نسبة خفيفة من الركام الكبير ثم يصب في قوالب وهو عادة مصمت ومقاساته 25×12×6 سم.
- أما إذا أضيف الأسمنت إلى نقارة الحجر فيعطى قوالب الحجريت وهي غالبا مفرغة وثقيلة نسبياً.
- أما إذا أضيف الأسمنت إلى كسر الحجر الخفاف فيعطى قوالب البونسيب (الخفاف) وقد تعمل هذه القوالب مصمتة أو مفرغة ووزنها خفيف وتعمل منه أيضاً قوالب كبيرة مفرغة للأسقف أو الحوائط.

4-2-4- الطوب الحراري:

يصنع عادة من طينة خاصة وخلطها بخبث أفران الحديد وتصب عجينة الطوب في قوالب خاصة تحت ضغط ميكانيكي ثم تجفف وبعدها تحرق في أفران مجهزة بدرجة حرارة عالية جدا، ويستخدم هذا الطوب في بناء الدفايات والأفران والأماكن التي تتعرض للحرارة، ومقاساته 25×12×6 سم أو 23×11×5.5 سم أو حسب الطلب.



شكل رقم (27): الأشكال والمقاسات النمطية للبلوكات الخرسانية.

4-2-5- البلوكات الزجاجية:

تصنع البلوكات الزجاجية من نصفين متلاصقين تحت ضغط عالي وحرارة مرتفعة ويعمل كل نصف من زجاج عديم اللون ونقى ومفرغا من الهواء جزئيا، وتكون أحرفه منتظمة قائمة الزوايا والأسطح الجانبية ومقعرة لتكوين تعشيقة بين البلوكات وبعضها، وتكون مقاساتها 20×20×10 سم أو 15×15×10 سم، وتستعمل البلوكات الزجاجية في القواطيع الداخلية وواجهات المباني السكنية والمكاتب والمستشفيات والمعامل والمسارح والفنادق، أنظر شكل رقم (28).

4-2-6- البلوكات الجبسية:

وقد يسمى البلاط الجبسى وتصنع هذه البلوكات إما مصمتة أو مفرغة وبسمك يبدأ من 5-15سم، وتستعمل المقاسات النمطية لهذه البلوكات بارتفاع 30سم وطول 75سم، وتستعمل هذه البلوكات عادة في القواطيع الخفيفة أو المؤقتة كما أنها مقاومة ضد الحريق ولا يفضل استعمالها في الأماكن الرطبة مثل الحمامات أو المسابح، أنظر شكل رقم (28).

4-2-7- البلوكات المشربية:

وهى مخرمات من بلوكات جبسية أو أسمنتية أو خرسانية وقد تسمى كوليسترا، وتبنى هذه البلوكات فوق بعضها لتعطى حائط أو قاطوع مشربيات، ومقاسات وأشكال هذا النوع من البلوكات كثيرة، أنظر شكل رقم (28).

4-2-8- طوب الحجر الصناعي:

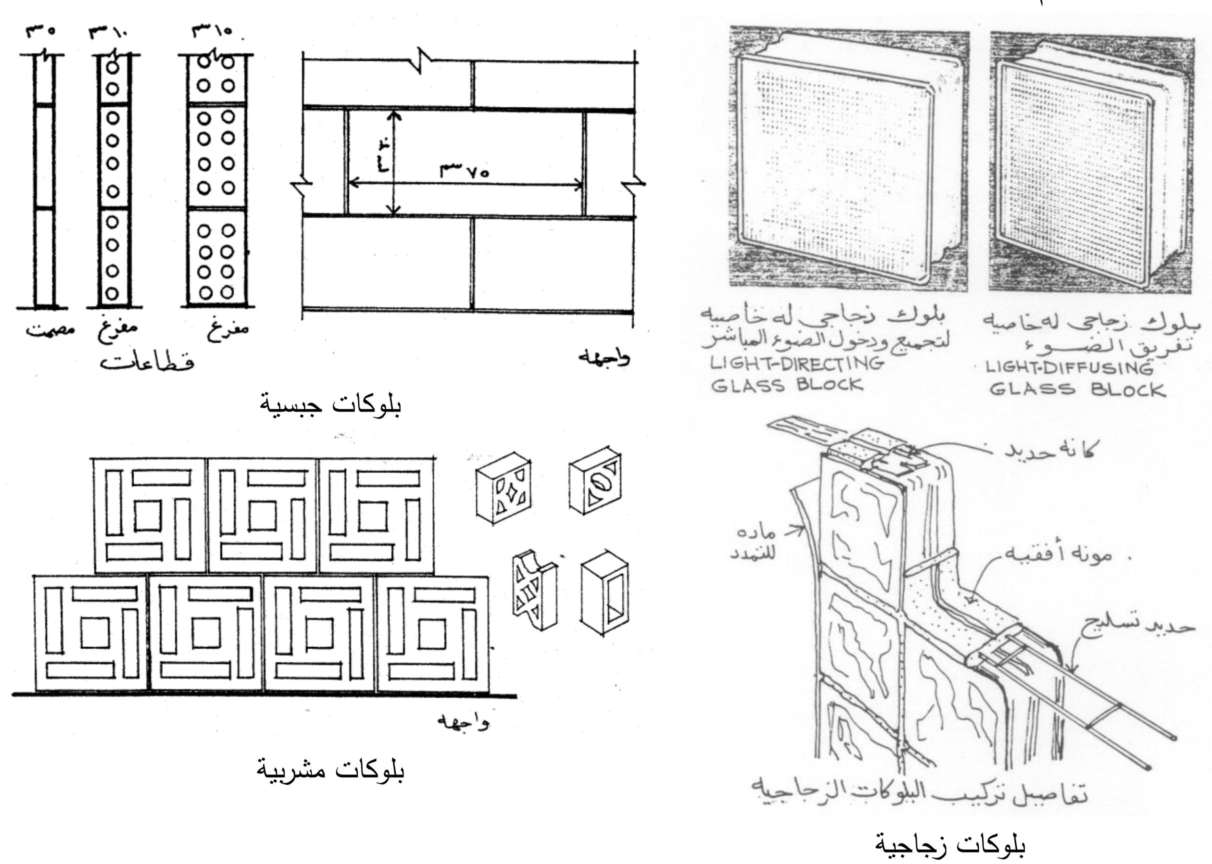
وقد يسمى بحجر الواجهات، وله أنواع ومقاسات كثيرة، ويبنى هذا الطوب عادة لكسوة الحوائط الأساسية وذلك بربطهم بالكانات وخلافه، ويصنع هذا الطوب عادة من: حصى حجر جيري ومجروش الحجر وبودرة حجر وأسمنت بورتلاندى ولون، ثم يشكل إلى طوب حسب المقاسات المطلوبة لكل عملية، ويبقى الطوب على أقل 7 أيام مرطب بالمياه ومعرضا للهواء والشمس حتى الاستعمال.

4-2-9- الطوب الأسفلتي:

يستعمل الطوب الأسفلتى في كسوة الأرضيات وأسفال المباني ورصف الطرق والكباري وهو مقاوم جيد للرطوبة، ويصنع هذا الطوب بتسخين مواد أولية وهى البتومين ومسحوق كسر الحجر ثم يكبس المخلوط بمكبس هيدروليكي ويبرد بعد خروجه من المكبس، ومقاس الطوب الأسفلتى الشائع الاستعمال هو: 30×12.5×5 سم أو 20×10×3 سم.

4-2-10- الطوب المطاطي:

يخلط المطاط المستخرج من الأشجار بمواد خاصة لتكوين الطوب المطاطي، ويستعمل هذا الطوب في رصف الطرق أو الجراجات ومن مزاياه عدم البلل بسرعة، فبالرغم من أنه أملس السطح إلا أنه مضاد للانزلاق ومتين كما يمكن تنظيفه بسهولة كما أنه له خاصية امتصاص الاهتزازات وتقليل الضوضاء وأكبر معامل للاحتكاك، ويوجد هذا الطوب بالمقاسات الآتية: 26×22×11 سم أو 23×11×6 سم.



شكل (28): البلوكات الزجاجية والجبسية والمشربية.

4-3- المون اللازمة لأعمال المباني:

المونة هي المادة اللاصقة التي تربط قوالب الطوب أفقياً ورأسياً ولا يزيد سمكها غالبا عن 1 سم، ويجب أن تكون المونة قابلة للتشكيل بسهولة ويمكن مزجها وتقليبها بيسر.

ومن أهم وظائف المونة اللازمة لأعمال المباني الآتي:

- توزيع ضغوط الأحمال الواقعة على الحائط بالتساوي على جميع أجزاء القوالب المكونة للحائط.
- العمل على لصق وربط جميع القوالب مع بعضها البعض وجعلها كتلة واحدة متماسكة.

- تعمل كمادة عازلة مانعة لنفاذ الحرارة والرطوبة من خارج الحائط إلى داخله.

4-3-1 مكونات المونة اللازمة لأعمال المباني:

تتكون المونة من الركام الرفيع (الصغير) والمواد اللاصقة أو اللاحمة والمياه والإضافات الأخرى إن وجدت.

أ- الركام الرفيع (الصغير):

مثل الرمل وكسر الحجر والحمرة (كسر الطوب الأحمر)، وفائدته المساعدة في عملية شك المونة وتقليل تكاليفها وتحسين خواصها مثل خاصية الامتصاص والمسامية والتشغيل، ويعتبر الركام هو الجزء الخامل من المونة.

ب- المواد اللاصقة أو اللاحمة:

كالأسمنت بأنواعه أو الجير العادي أو الجير المائي، ووظيفتها ربط حبيبات المادة الخاملة ببعضها، وبالتالي ربط قوالب الطوب أو الأحجار ببعضها.

ج- المياه:

ويجب أن تكون نظيفة وخالية من المواد الذائبة أو المعادن بنسب تؤثر على قوة المونة، وفائدتها المساعدة على خلط باقي المون وتكوين عجينه متجانسة.

د- الإضافات:

يمكن استعمال الإضافات الكيميائية أو الميكانيكية للمونة لتحسين بعض خواصها مثل مقاومتها لنفاذ المياه أو تعديل زمن الشك...إلخ. وفي بعض الأحيان تضاف مواد ملونة غير عضوية لإكساب المونة اللون المطلوب.

4-4- خواص الطوب الأحمر العادي:

من أهم المواصفات العامة المتفق عليها والتي تحدد جودة الطوبة المستخدمة في أعمال البناء الآتي:

- أن يكون الطوب محروقا حرقاً جيداً، ويظهر ذلك من تجانس لونه ونظافته من الشوائب الغريبة.
- أن يكون له رنينا معدنيا عند طرقة بالمطرقة أو عند اصطدامه بقالب آخر.
- أن يكون مستوى الأسطح ولا يوجد بها انحناءات أو تموجات.
- أن تكون حوافه سليمة وحادة .
- أن يكون مندمج الحبيبات وليست به شروخ.

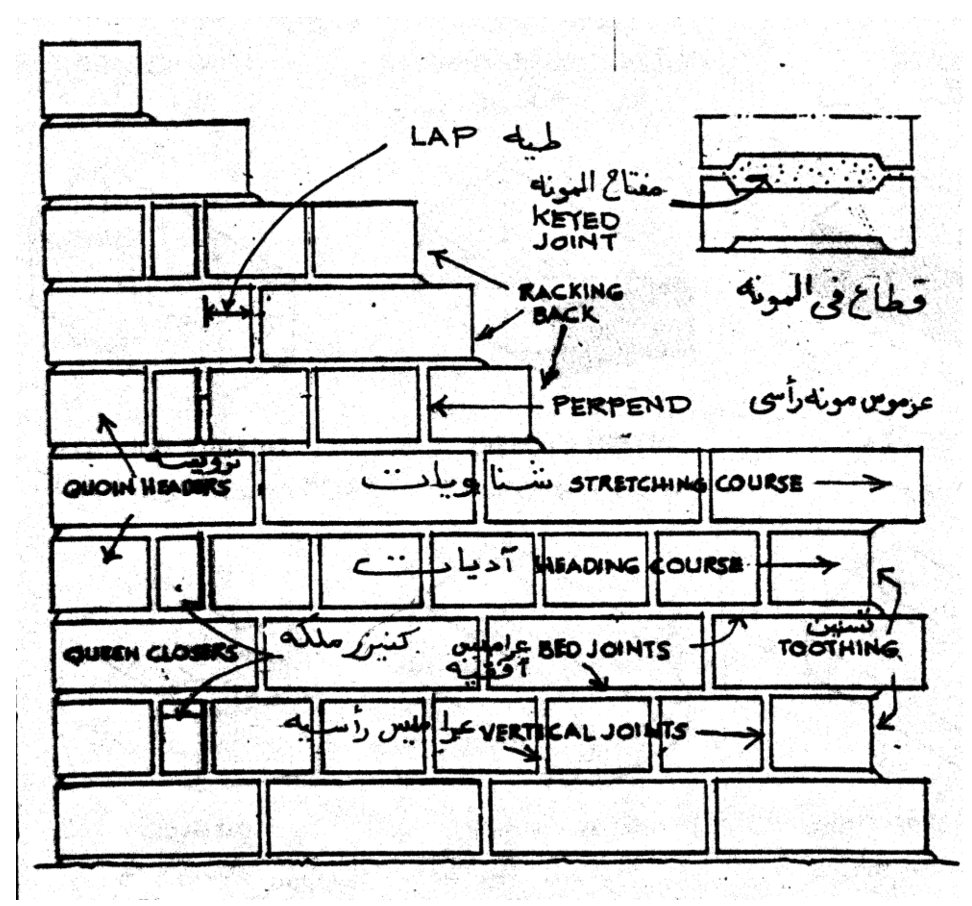
- ألا تمتص الطوبة اكثر من 6/1 وزنها ماء إذا تركت مغمورة فيه لمدة 24 ساعة.
- أن يلتحم الطوب مع بعضة جيدا بالمونة وأن يتحمل ضغوطا عالية (الطوبة مفروض أن تتحمل حوالي 40كجم/سم2 ولكن المباني تصمم لزيادة الأمان على 4 : 10 جم/سم2).
- أن تكون أبعاد الطوبة بعد حرقها : الطول = ضعف العرض + 1سم (لحام المونة)، والسمك = 2/1 العرض

4-5- اصطلاحات وتعاريف في أعمال البناء بالطوب:

قبل شرح طرق رص الطوب لربط الطوب ببعضه في مبانيه يجب التعرف على المصطلحات والتعاريف الخاصة بأعمال البناء بالطوب كما هو مبين في شكل رقم (29) كما يلي:

- **آديـة:** طوبة توضع بطولها متعامدة مع واجهة الحائط.
- **بلسقالـة:** السطح الظاهر على جانبي فتحة أو تجويف المباني.
- **تزهـير:** ظهور طبقة قشرية من مسحوق ملحي يتبقى على السطح بعد تبخر المياه.
- **دروة:** حائط بالمبنى معرض من جانبيه وأعلاه للعوامل الجوية.
- **ربـاط:** ترتيب خاص لرص الطوب عند البناء يشكل إزاحة جانبية (طيه)، ووظيفته يضمن عدم انطباق العراميس الرأسية بالمداميك المتتالية على بعضها، وتكون الطية بمقدار 1|2 طوبة في الحوائط بسمك 1|4 طوبة، و 1|2 طوبة وبمقدار 1|4 طوبة في الحوائط سمك طوبة فأكثر.
- **شنـاوي:** طوبة توضع بطولها موازية لواجهة الحائط.
- **عرموس – وصلة – لحام** : الفراغ الذي تشغله المونة بين قوالب الطوب.
- **عرموس مرقد:** طبقة المونة التي يرقد عليها الطوب.
- **عرموس متعامد:** طبقه المونة الرأسية المتعامدة مع وجه الحائط.
- **عرموس طولـي:** طبقة المونة الرأسية الموازية لطول الحائط.
- **ترويسة:** يقصد بها أول آدية عند زاوية الحائط القائم ويليها الكنيزر.
- **قطع الحل:** يقصد به وقوع المون الرأسية على بعضها فى مبانى الحائط ويسبب هذا شرخ رأسى بها مما يضعفها ويفصلها عن بعض.
- **فخذ:** الجزء من مباني الحائط المجاور لفتحة فيه.
- **كسر الطوبة:** جزء من الطوبة إما مصنوع خصيصا أو مقطوع من الطوبة.
- **كحلـة:** ملء عراميس المباني التي سبق تفريغها وإنهائها بالشكل المطلوب.
- **كنيـزر:** جزء من الطوبة يكون مصنوع خصيصا أو مقطوع من الطوب ويستعمل لبدء تشكيل الرباط وهو ذو أشكال خاصة حسب موقعة منها كنيزر مشطوف – كنيزر ملك – كنيزر ملكة.

- **مدماك :** صف أفقي واحد من مباني الطوب شاملا طبقة المونة (عادة أسفله).
- **مدماك القد:** المدماك الأول الذي يحدد موقع الحائط.
- **ناصية :** الركن الخارجي للحوائط .
- **الطية :** هي مسافة ركوب القالب في مدماك ما على قالب المدماك أسفله وتكون 1|4 طوبة عادة للحوائط سمك طوبة فأكثر، وتكون 1|2 طوبة للحوائط سمك 1|4 طوبة وسمك 1|2 طوبة.



شكل (29): واجهة لمباني حائط وعليها المصطلحات العامة لرص الطوب.

6-4 طرق رباط الطوب في الحوائط:

تربط القوالب في الحوائط بطرق مختلفة من أهمها الآتي:

- طريقة الرباط الإنجليزي: English Bond
- طريقة الرباط الفلمنكى: Flemish Bond

هذا وسوف نتناول طريقة الرباط الانجليزى بالتفصيل وذلك لشيوع استخدامها فى مصر وكذلك قوة البناء بهذه الطريقة عن الطريقة الأخرى.

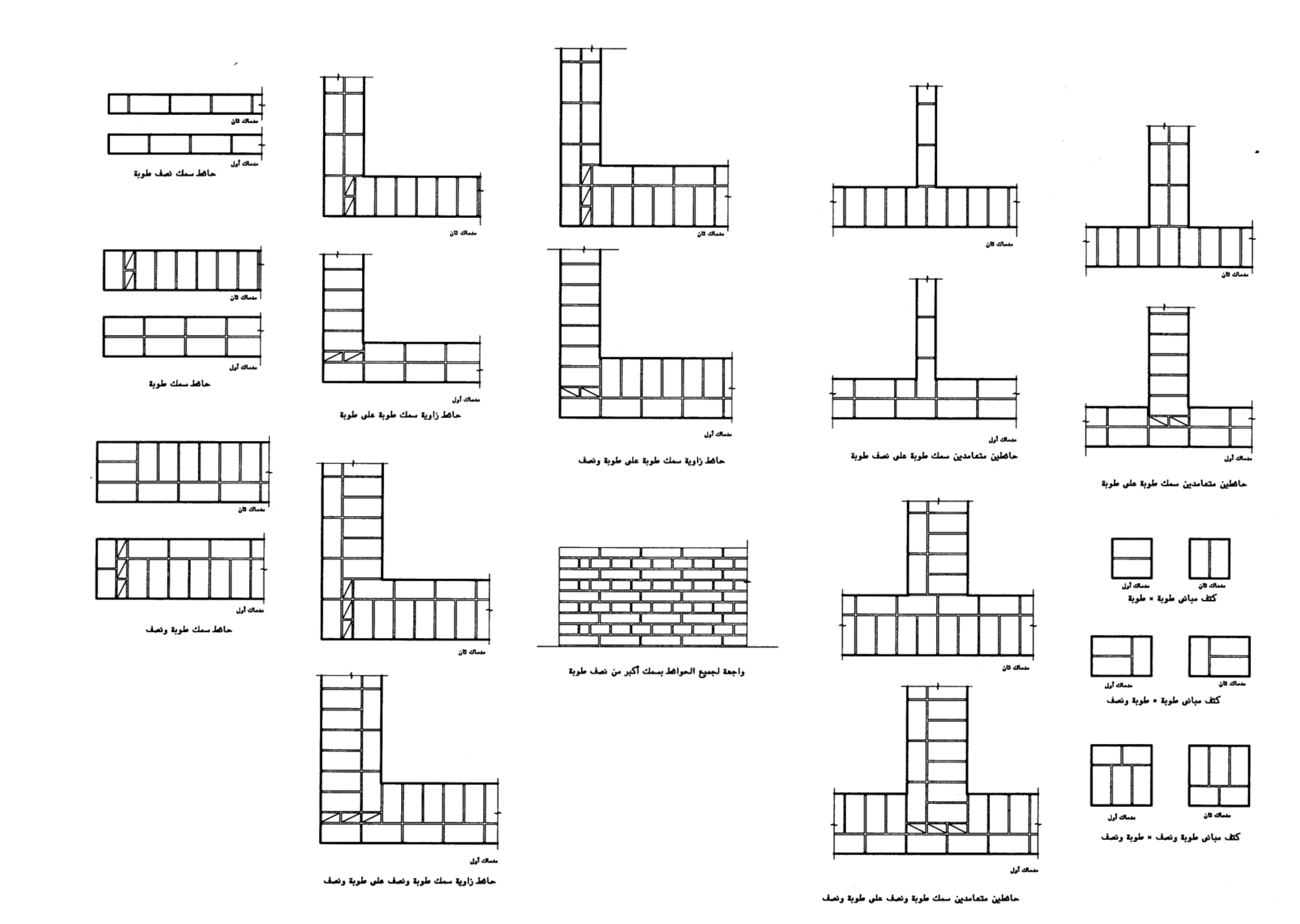
1-6-4 طريقة الرباط الإنجليزي:

وهي أصلا الطريقة المصرية القديمة وأستعمل فيها الطوب اللبن (الغير محروق)، وهذه الطريقة هي أسهل في البناء وأحسن الطرق المستعملة في رباط الطوب وأفضل في التوزيع، وذلك لعدم وجود لحامات رأسية مستمرة داخل الحائط كما أنة يقل فيها استعمال كسور القوالب التي عادة ما تكون مصدر ضعف للحائط. وبذلك فان حائط الطوب المبنى بهذه الطريقة يعطى كتلة واحدة لها قوتها على تحمل الضغط أفضل من أي طريقة أخرى. ورص الطوب بهذه الطريقة لحوائط مختلفة في السمك وكيفية تقابلاتها موضحة في الشكل رقم (30).

ويتم رص الطوب بهذه الطريقة بأن ترص القوالب في مدماك القد آديات مثلا وفي المدماك الذي يليه ترص على هيئة شناويات مع وضع كنيزر للحصول على الرباط الصحيح الذي تبلغ فيه مقدار الطية 1|4 طوبة وتكون فيه اللحامات الأفقية العرضية عمودية على وجه الحائط ومستمرة من وجه الحائط إلى ظهره.

ويجب عند البناء بالطريقة الإنجليزية مراعاة القواعد الآتية :

- إذا تغير اتجاه الحائط فان الرباط يختلف في الوجهين المتعامدين في الداخل والخارج.
- يوضع كنيزر دائما بعد آدية الناصية (الترويسة) ويكون الكنيزر بعرض الحائط.
- عندما يكون سمك الحائط مساويا لعدد كامل من القوالب ترص القوالب في أي مدماك بحيث يكون رصها في الخلف مشابها لرصها في الوجه الأمامي للحائط فيكون على شكل آديات أو شناويات في الجهتين.
- عندما يكون سمك الحائط من المكررات الفردية لنصف الطوبة فإن رصة القوالب تكون مختلفة في المدماك الواحد في الخلف عنها في وجه الحائط الأمامي.
- يلاحظ أن عدد الشناويات يقل كلما زاد عرض الحائط.



شكل رقم (30): رص الطوب بطريقة الرباط الانجليزى.

- في النهايات المربعة يختلف رص الطوب بحيث يظهر في النهاية المربعة على هيئة مدماك آديات ومدماك شناويات.

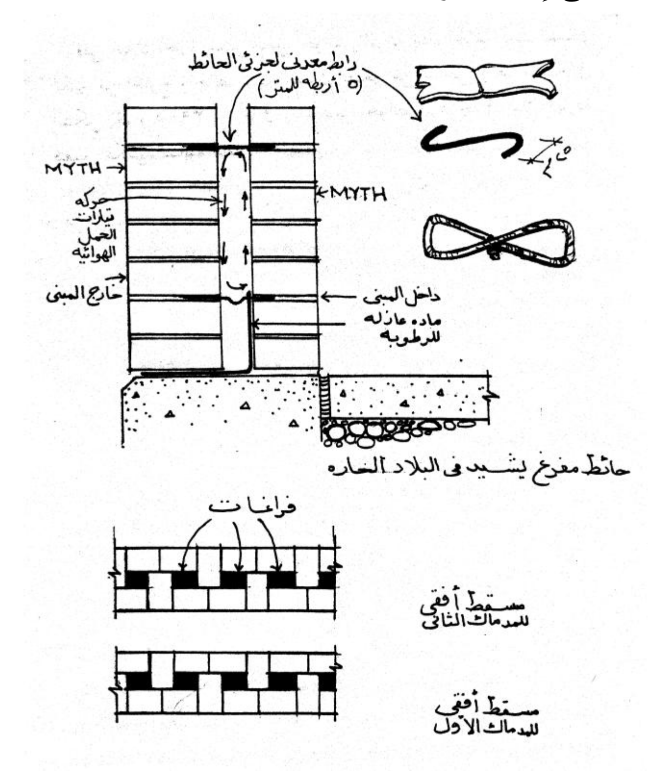
ومن أهم مميزات البناء بالطريق الإنجليزية عدم وجود لحامات رأسية مستمرة في أي قاطع من الحائط مما يزيد من قوة تماسك الحائط ومقاومته للأحمال.

4-7- الحوائط المزدوجة:

وهى الحوائط المكونة من حائطين من الطوب بينهما فراغ، ويتراوح عرض الفراغ حوالي 4-8سم وتستعمل لها روابط معدنية للربط الأفقي مثل الخوص أو الشبك المعدني أو الأسياخ لربط جزئي الحائط المفرغ ببعضه.

وفوائد الحوائط المزدوجة هي:

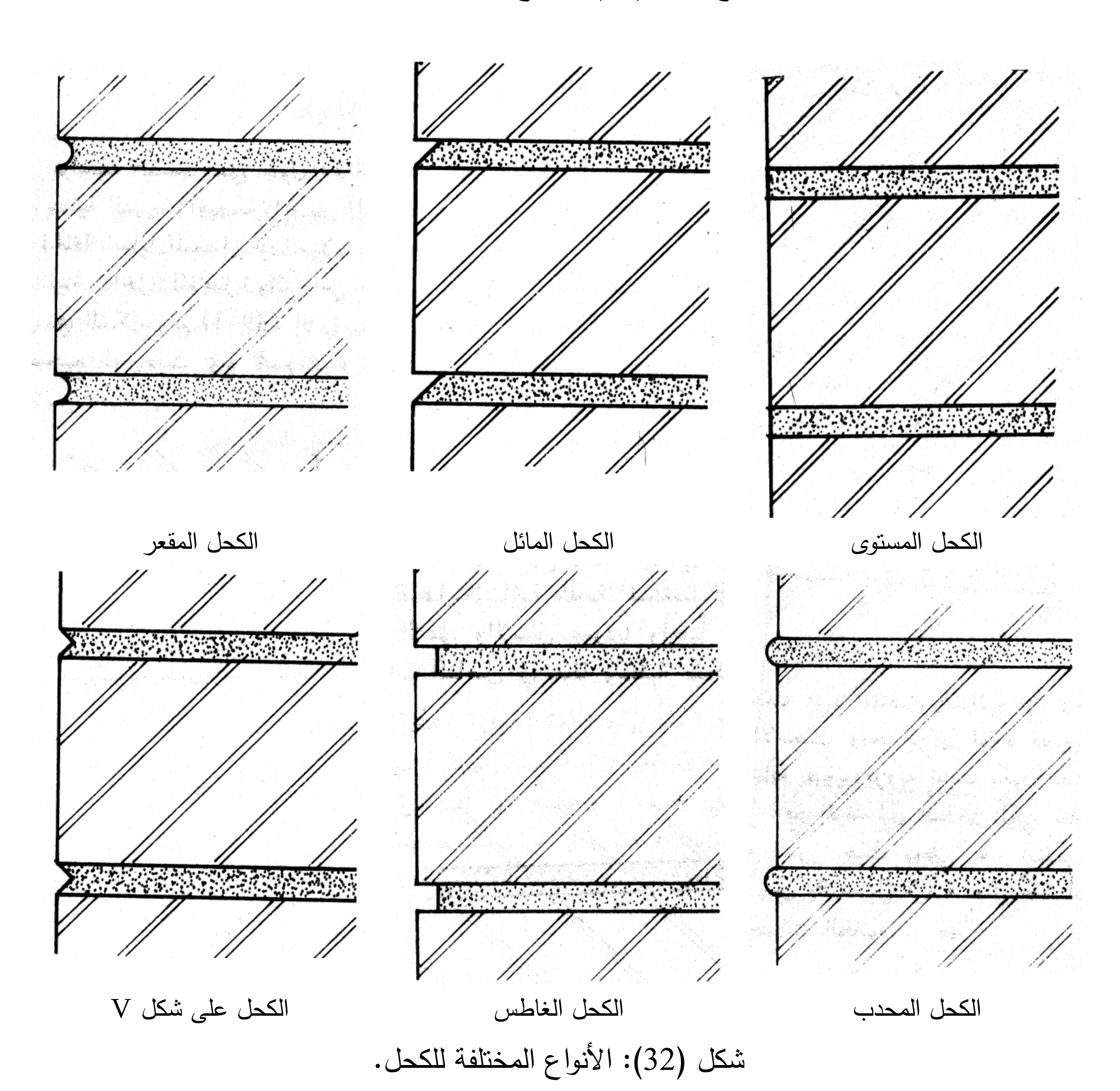
- عزل الحرارة.
- عزل الرطوبة.
- عزل الصوت.
- مقاومة الحريق ومنع انتشاره.
- الاقتصاد في كمية الطوب والمونة.
- التخفيف من حمل المبنى إذا ما قورن بالحوائط المصمتة.



شكل (31): الحوائط المفرغة.

4-8- الكحل في البناء بالطوب:

الكحل هو إحدى عمليات الإنهاء ويتم عمله بعد الانتهاء من بناء الحوائط التي لا يتم بياضها من الخارج والتي سيبقى وجهها الخارجي ظاهرا ومعرضا لعوامل الطبيعية الخارجية ولحماية الفواصل البنائية من تسرب المياه والرطوبة يتم كحلها، ولتحسين مظهر الحائط الخارجي، ويتم الكحل لمبانى عادة بتفريغ مونة العراميس بعمق 1سم وذلك باستعمال المسطرين أو سيخ حديد مثنى ثم تملأ بمونة 1م^{3} رمل و450 كجم أسمنت مع إضافة الألوان إليها حسب الطلب، كما يجب أن يتم كحل هذه المون من مباني الطوب وهى حديثة الإنشاء، ويوضح شكل (32) الأنواع المختلفة للكحل.



شكل (32): الأنواع المختلفة للكحل.

5- البناء بالأحجار:

توجد الأحجار على هيئة كتل طبيعية في محاجر مختلفة داخل الجبال، ويمكن قطعها أو نسفها بالألغام ثم استعمالها في البناء والتشييد. ولقد استعملت الأحجار بكثرة في العصور القديمة مثل العصر الفرعوني والعصر الإغريقي والروماني في بناء المعابد التي ولا تزال آثارها موجودة إلى الآن.

ويحتاج استعمال الأحجار في البناء إلى مجهود خاص لان تهذيبه ونقله يتكلف مبالغ باهظة وخصوصا إذا كانت محاجره بعيدة عن الموقع المراد إنشاؤه، أما في حالة سهولة الحصول عليه بتكاليف رخيصة فالبناء به يعطى للمبنى شكلا هندسيا ومعماريا جميلا.

وتنقسم الأحجار من ناحية تكوينها إلى أحجار أصلها ناري مثل الجرانيت والبازلت أو رسوبي مثل الحجر الجيري والرملي أو متحول مثل الرخام والاردواز.

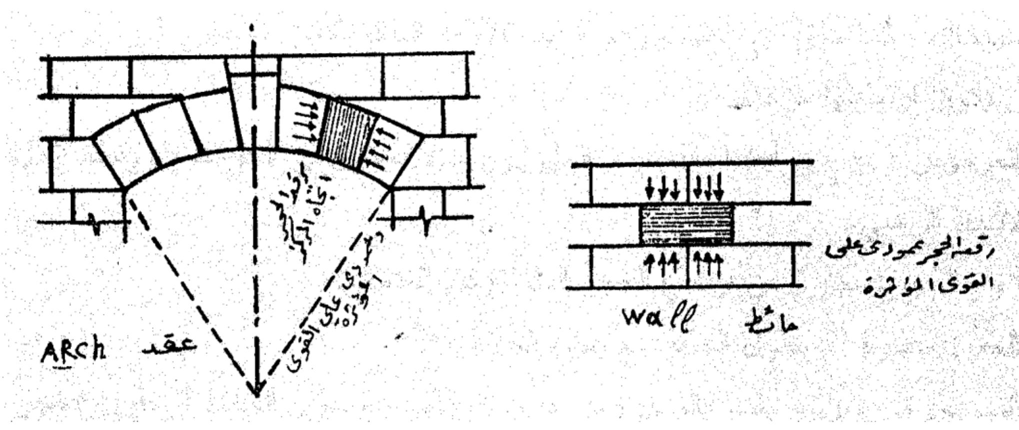
ونركز هنا بالدراسة على الصخور الرسوبية حيث أنها تتميز بوضوح طبقات التكوين أو المراقد الطبيعية للأحجار Bending Plats وتتوقف مقاومة الحجر الجيري على درجة اندماجه الداخلي، فكلما ازداد وزنة النوعي كلما زادت مقاومته.

وتتوقف مقاومة الحجر الرملي على نوع المادة الرابطة له والتي تتكون من السليكا والالومينا والجير، وكلما زادت نسبة السليكا في المادة الرابطة كلما كانت مقاومة الحجر الرملي عالية.

5-1- اشتراطات بناء الحوائط من الأحجار :

من أهم الاشتراطات التي يجب مراعاتها عند بناء الحوائط من الأحجار الآتي:

- يجب أن توضع الأحجار الرسوبية بحيث تكون الضغوط الواقعة عليها عمودية على مستوى المرقد الطبيعي للأحجار، ففي الحوائط عادة توضع الأحجار بحيث تكون مراقدها أفقية، وفي العقود يجب أن يكون مستوى المرقد مارا بمركز العقد، انظر شكل رقم (33).



شكل رقم (33) شكل الضغوط الواقعة على الأحجار

- يجب أن تكون الحجارة مربوطة بعضها البعض وأن تكون متينة بحيث تتحمل الأحمال الواقعة عليها بأمان.
- تتوقف متانة البناء على نوع وحجم الحجر المستعمل وعلى سمك ونوع المونة المستعملة، كذلك فكلما كانت الأحجار المستعملة غشيمة وصغيرة كلما كان تحمل الحائط يتوقف على قوه المونة وكلما كانت الأحجار منحوتة وترقد فوق بعضها كانت قوة الحائط تتوقف على قوة ونوع الحجر المستعمل.
- يتم تجهيز الحجر بموقع العمل بعد قطعة ونقلة وتستعدل أوجه الحجر الأربعة المهمة في الإنشاء وهي المرقدان واللحامان مع تسوية الوجه الأمامي المشاهد من الحجر حسب الطلب والوجه الخلفي عادة يترك غشيما أو يسوى حسب الحاجة ويلاحظ عند النحت أن يكون المرقدان موازيان للمرقد الطبيعي للحجر.
- يراعى قطع الحل (العرموس) في البناء وأن ترقد الأحجار أو الدبش فوق مونه مستمرة كما يجب أن تملأ اللحامات الأفقية والرأسية والمستعرضة (الداخلة في الحائط) بالمونة على أن تملأ الفراغات الداخلية بين الأحجار عند بناء الحوائط بالدبش بأحجام أصغر مقاسا وأن تغلف المونة جميع الأحجار وإلا يزيد سمكها عن حوالي 2سم (لأنة لو زاد سمك المونة عن ذلك فأنها عند جفافها تنفصل من الحجر).
- يراعى في البناء بالدبش أن يوجد حجر رباط عرضي (يسمى رابط) في كل حوالي واحد متر مربع من سطح الحوائط يظهر في وجهي الحائط المتوازيين.
- يراعى عمل النواصي من حجر مهذب أو منحوت أو من الطوب وذلك لأهميتها.

2-5 المصطلحات المستعملة في البناء بالأحجار:

أهم المصطلحات المستعملة في البناء بالأحجار الآتي:

- **المدماك** : كما سبق في الطوب وهو الطبقة الأفقية المتكونة من الحجارة المرصوصة التي يجب أن يكون ارتفاعها موحدا.
- **العرموس** : ويسمى أيضاً باللحام أو الحل ويجب ألا يستمر في الحوائط بل يقطع الحل غالباً في الاتجاه الرأسي.
- **روم الحجر:** عبارة عن ارتفاع الحجر الداخلي في المدماك.
- **الحمل:** عبارة عن طول الحجر مع طول الحائط.
- **الصورة:** وتعرف أيضا بالسهل وهو عرض الحجر مع طول الحائط أو طول الحجر مع سمك الحائط.

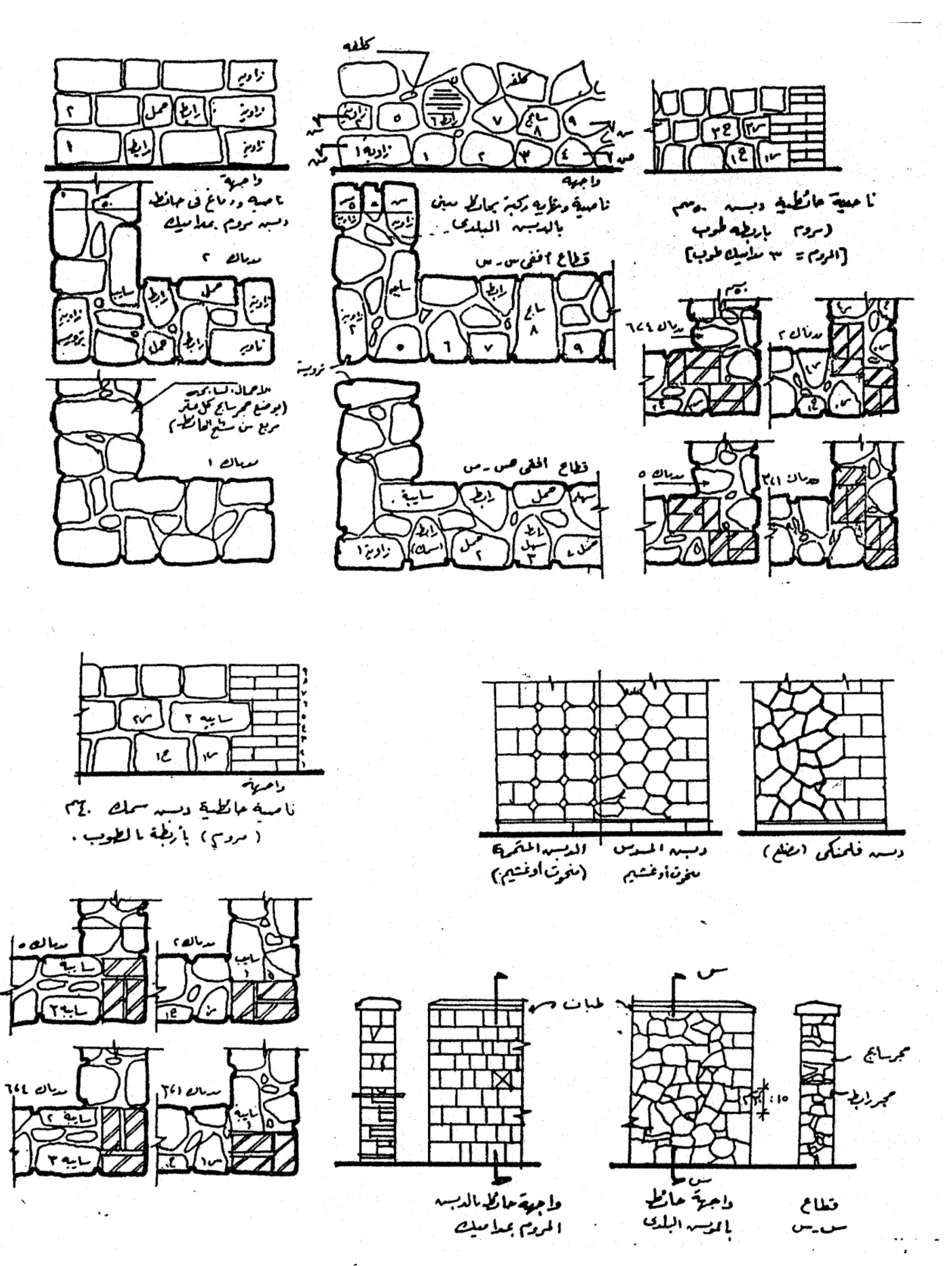
3-5 خصـائص الأحجار:

هناك خواص ومواصفات رئيسية يمكن أن تميز أنواع الأحجار عن بعضها ومنها الآتي:

- دقة الحبيبات: أي درجة صغر أو كبر ذراتها (الحجر الجيري دقيق الذرات عن الحجر الرملي، ولكن الرخام أدق).
- التجانس: جميع أجزائها تكون من نوع واحد .
- التشكيل والتشغيل: الأحجار منها الصلب ومنها المتين أو الجيد ومنها الرخو أو اللين، وتتوقف درجه التشكيل والتشغيل على درجة صلابة الأحجار فالصلب منها صعب تشكيلة وتشغيله ولذا فتكاليفه عالية ولكن درجة تحمله أكبر ويظهر ذلك في الأحجار التي ذراتها دقيقه مثل الرخام والأحجار اللينة يكون تشكيلها أسهل من السابقة وأرخص في التكاليف ولكن درجة تحملها أقل أيضا.
- مقاومتها للكسر والتفتت: وهو كلما كان الحجر صلبا متماسكا للذرات كلما كان استعماله آمن لتحمل مقدار كبير من الضغط.
- عدم التأثر بالمؤثرات الجوية: تقاوم بعض الأحجار التأثيرات الجوية بشدة ولذا تعيش طويلا، ويتأثر بعضها نتيجة الأحماض والغازات أو الرطوبة الموجودة بالجو (في الأماكن التي بها مدن صناعية) فتتفكك أجزاؤها وتتحلل.
- عدم التأثر بتغيير درجات الحرارة والبرودة: لا يحدث فوق التغيير العادي تمددا أو انكماشا محسوسا في الأحجار إلا أن الأحجار المعرضة للشمس تعيش طويلا عن المعرضة للرطوبة.
- قابلية التماسك بالمونة: يجب أن تكون المونة مناسبة من ناحية القوة لدرجة صلابة الحجر وخشونة أسطح الأحجار تقبل الالتصاق بطبقات المونة المستعملة بخلاف ما إذا كانت ملساء.

4-5 طرق بناء الحوائط من الأحجار:

تختلف طرق البناء بالحجر عن بعضها طبقا بالنسبة لنوعية ودرجة تهذيب الأحجار وتشكيلها، ومن أهم طرق البناء المختلفة الشائعة في مباني الحجر الآتي، وكما بالشكل رقم (34):



شكل رقم (34) طرق البناء بالأحجار

5-4-1- مباني دبش بلدي مقلب:

أحجار الدبش ليس لها شكل محدد، فعندما تبنى الأحجار كما هي بأحجامها المختلفة دون تهذيب أو نحت، ربما فقط يستعدل وجه الحجر تسمى مباني دبش بلدي مقلب.

5-4-2- مباني دبش بلدي مخصص:

تبنى الأحجار مثل الطريقة السابقة إلا أن الأحجار تكون فقي صورة مداميك تقريبا (القطعة الكبيرة تحدد ارتفاع المدماك، ويبنى في حدود ارتفاعها باقي الأحجار).

5-4-3- مباني دبش مروم:

تهذب الأحجار فقط (ولكن لا تنحت) حسب مقاساتها وأحجامها (تسطح أوجه الحجر وتستعدل زواياه بدرجة قائمة تقريباً) ثم تبنى في مداميك ولا يشترط أن تكون المداميك متساوية الارتفاع (أي تبنى كل الأحجار ذات الارتفاع الواحد في مدماك وهكذا).

5-4-4- البناء بالأحجار المنحوتة:

وهي إما أن تكون مباني الدستور أو مباني الثلاثات أو مباني الأحجار المضلعة.

5-4-4-1 مباني الدستور:

تشكل قطع الأحجار وتنحت أسطحها وتسوى على هيئة قطع قائمة الزوايا ولكن كل قطعة حسب مقاساتها، ثم تبنى في مداميك، ولا يشترط أن تكون كل المداميك بارتفاع واحد.

وتقسم مباني الدستور إلى عدة أقسام كالتالي:

- مباني مبنية بالكامل من الحجر المنحوت.
- مباني من الحجر المنحوت في وجهي الحائط الداخلي والخارجي وبينهما مباني دبش لتكملة سمك الحائط.
- مباني من الحجر المنحوت من الخارج فقط وتكمل سمك الحائط بمباني دبش أو طوب.
- مباني تعمل نواصيها والسفل ومداميك الرباط الأفقية والرأسية من الحجر المنحوت وباقي الحائط من مباني الدبش أو الطوب.

5-4-4-2- مباني الثلاثات:

تنحت الأحجار وتسوى على هيئة قطع قائمة الزوايا وذات أبعاد متساوية، ثم تبنى في مداميك منتظمة كلها على ارتفاع واحد ومقطوعة العراميس.

5-4-4-3- مباني الأحجار المضلعة:

تكون الأحجار منحوتة من أوجهها ومهذبة جيداً عند لحاماتها في الواجهة، وتستخدم هذه المباني للأغراض الزخرفية وقد تكون على شكل مثمن أو مسدس أو مربع.

5-4-5 مباني دبش على الناشف:

تكون مثل طريقة البناء في الدبش البلدي المقلب ولكن بدون مونة، وتستخدم في حفظ المسطحات الجانبية للترع عند المنحنيات.

5-5 أبعاد الأحجار المنحوتة:

يجب أن تكون أبعاد الأحجار المنحوتة في الحدود الآتية:

- الطول: لا يزيد عن ثلاث أمثال الارتفاع.
- العرض: لا يقل عن نصف الارتفاع.
- يجب ألا تتعدى اللحامات بين الأحجار 4 سم.

5-6 المون المستعملة في البناء بالأحجار:

تختلف أنواع المون المستعملة في البناء بالأحجار حسب المواد الداخلة في تركيبها وكذلك نسبها كالآتي:

- 1 جير بلدي + 2رمل، للمباني بالدبش قليلة الأهمية.
- 2 جير بلدي + 3 رمل، للمباني بالدبش أعلا الطبقة العازلة.
- 1 جير بلدي + 1 حمرة + 1 رمل، للمباني بالدبش أعلا الطبقة العازلة.
- 1 أسمنت + 4 رمل، للمباني تحت الطبقة العازلة والمباني بحجر النحت.
- 1 أسمنت + 3 رمل، للمباني بحجر النحت والتي تتحمل أثقالا كبيرة.
- 1 أسمنت + 3 رمل، للمباني الغاطسة في الماء.
- 2 جير بلدي + 3 رمل + 100 كجم أسمنت للمتر المكعب من الخلطة، للمباني بحجر النحت.

5-7 العوامل التي تؤدى إلى تلف مباني الأحجار:

يمكن حصر أهم الأسباب التي تؤدى إلى تلف مباني الأحجار وتحللها في العوامل الآتية:

- الخطأ في وضع الأحجار في البناء من عدم بنائها على مراقدها الطبيعية بحيث لا تكون الأحمال عمودية على مرقد الحجر.
- وجود غازات ضارة في الجو خاصاً في المناطق الصناعية.

- عدم اختيار أنواع مناسبة للبناء، حيث يجب اختيار الأحجار التي تناسب ظروف المبنى.
- يجب أن تكون الأحجار متجانسة ومن نوع واحد.
- تأثير البرودة والأمطار في البلاد الباردة.
- احتواء الأحجار على درجة كبيرة من الأملاح، وهذا ينطبق بصفة عامة على الأحجار المصرية، فيظهر ذلك في المباني القريبة من سطح الأرض أو تحتها، حيث تتسرب إليها الرطوبة الناتجة من رش الحدائق، ثم تبدو على أسطح الأحجار الظاهرة حتى إذا تبخر الماء تكونت بلورات ملحية تبدو فوق الأحجار، ففي هذه الحالة تستعمل أحجار تقل فيها نسبة الأملاح مع وضع طبقة عازلة لمنع تسرب الرطوبة من التربة.

6- الحوائط الإنشائية:

المقصود بالحوائط الإنشائية هي الحوائط التي تتحمل الضغوط المختلفة، وهي تنقسم بصفة عامة في المباني إلى نوعين هما: الحوائط الحاملة والحوائط الساندة.

6-1- الحوائط الحاملة:

وهي حوائط لحمل الأسقف المسطحة أي الضغوط الرأسية، وتسمى Bearing Walls. والحوائط الحاملة عادة تكون للمباني السكنية العادية أو المباني التي لا تحتاج إلى بحور مقسمة، ويمكن تحديد سمك حوائطها بقاعدة عامة متفق عليها بشرط أن يكون الطوب جيد الصنع، والأسماك الآتي تحديدها هي الحد الأدنى.

6-1-1- القاعدة العرفية لتحديد سمك الحائط:

تتلخص القاعدة العرفية (العامة) للبناء بالطوب في المباني الحوائط الحاملة في الآتي، وكما بالجدول رقم (2):

- ارتفاع المبنى الذي لا يزيد عن 7 أمتار ومكون من طابقين، يكون سمك الحوائط الخارجية 25سم للطابقين بكامل ارتفاع المبنى.
- ارتفاع المبنى الذي لا يزيد عن 10 أمتار ومكون من ثلاث طوابق، يكون سمك حوائط الطابقين الأرضي والأول 38 سم وسمك حوائط الطابق الثاني 25 سم بما في ذلك ارتفاع الدروة.
- ارتفاع المبنى الذي لا يزيد عن 13 متراً ومكون من أربعة طوابق، يكون سمك حوائط الدور الأرضي 51 سم والأول والثاني 38 سم الثالث 25 سم بما في ذلك ارتفاع الدروة.

- ارتفاع المبنى الذي لا يزيد عن 16 متراً ومكون من خمسة طوابق، يكون سمك حوائط الدور الأرضي والأول 51 سم والثاني والثالث 38 سم الرابع 25 سم بما في ذلك ارتفاع الدروة.
- ارتفاع المبنى الذي لا يزيد عن 19 متراً ومكون من ستة طوابق، يكون سمك حوائط الدور الأرضي والأول 64 سم والثاني والثالث 51 سم الرابع 38 سم والخامس 25 سم بما في ذلك ارتفاع الدروة.
- بالنسبة للحوائط المركب عليها أو لمثبت بها درجات السلم المؤدى للطوابق العلوية يجب أن تكون بسمك 38 سم، ويمكن بناء الحوائط الداخلية بسمك 25 سم مع ملاحظة أن هذه القاعدة أو هذه الفروض العرفية تتوقف عادة على المواد المستعملة واختلاف طبيعة البناء من منطقة إلى أخرى.

جدول رقم (2) القاعدة العرفية لأسماك الحوائط بالنسبة لارتفاع المبنى

ارتفاع المبنى بالمتر	عدد الطوابق	سمك الحائط			
		64 سم	51 سم	38 سم	25 سم
7	2	–	–	–	أرضي + أول
10	3	–	–	أرضي + أول	ثاني
13	4	–	أرضي	أول + ثاني	ثالث
16	5	–	أرضي + أول	ثاني + ثالث	رابع
19	6	أرضي	أول + ثاني	ثالث + رابع	خامس

6-1-2- العوامل المؤثرة على سمك الحائط:

يتوقف تحديد سمك الحائط على العوامل الآتية:

- مقدار الأحمال التي علية أن يتحملها.
- المسطحات التي سينقلها أي التي ستتحمل سقفها.
- مواد البناء التي تدخل في تكوين هذا الحائط وبنائه.
- التأثيرات الجوية وعزل الحرارة والرطوبة والصرف.

وفي جميع الأحوال يجب ألا يقل سمك الحوائط الخارجية عن المقدار المناسب لمقاومة العوامل الجوية كدرجات الحرارة السائدة في كل منطقة من المناطق مع مراعاة درجة عزل الطوب المستعمل في بناء هذه الحوائط.

6-1-3- اشتراطات تصميم الحوائط الحاملة:

الحوائط في أي مبنى منشأ بطريقة الحوائط الحاملة تعمل لغرضين أولهما لحفظ المبنى من العوامل الجوية وتقسيم المسطحات الداخلية إلى عدة أقسام مختلفة لأغراض متنوعة، والغرض الثاني وهو حمل الأوزان والأحمال التي فوقها وهي عبارة عن وزن الحائط نفسه مضافاً إلى ذلك وزن السقف مضافاً إلى ذلك أيضا وزن الأدوار العليا من أسقف وحوائط إن وجدت في الأدوار العلوية التي تليها.

ولذلك فعند تصميم أي حائط في المبنى يجب مراعاة ما يأتي:

- فرض عرض الحائط في الطوابق المختلفة طبقا لما سبق الإشارة إلية في القاعدة العرفية وهي 25سم للأدوار العلوية، 38سم للدور الذي أسفله، أما الذي يليه من أسفل فسمكه 51 سم.
- معرفة اتجاه وضع العروق الخشبية أو الكمرات الحديدية التي تحمل السقف ومقدار مسطح السقف المحمل على الحوائط وحساب هذا المسطح الذي يحمله الحائط.
- معرفة نوع المباني المستعملة والمونة المستخدمة وجهد الضغط المسموح بهذه المباني.

وبعد تحديد جميع المعلومات السابقة يمكن حساب عرض الحائط بالضبط أو التأكيد عما إذا كان الفرض السابق ذكره سليما أم يجب زيادة سمك الحوائط أو تقليلها حسب النتائج.

6-1-4- الاصطلاحات الفنية التي تستعمل في حساب سمك الحائط:

هناك بعض الاصطلاحات الفنية التي تستعمل في حساب أسماك الحوائط يجب التعرف عليها أولا وهي الحمل الميت والحمل الحي وجهد الضغط.

6-1-4-1- الحمـل الميت: Dead Load

هو مجموع الأحمال الثابتة والمستديمة سواء وزن العناصر الأساسية ذاتها (الأسقف-الكمرات-الأعمدة) أو العناصر التكميلية مثل الأرضيات والحوائط وبعض التركيبات الأخرى.

6-1-4-2- الحمـل الحـي: Live Load

وهو الحمل الناتج عن وزن الأثاث الذي يحمله السقف والأشخاص الذين يستعملون المبنى والمنقولات التي توضع علية وهي أحمال وأوزان قابلة للتغيير ولذلك سميت بالحمل الحي ولذلك يختلف الحمل الحي حسب نوع المبنى ومستعمليه.

6-1-4-3- إجهاد الضغط: Stress

وهو الحمل المسموح بوضعه على مادة من المواد، ويكون حسابه بأن تتحمل المادة هذا الحمل دون أن يحدث بها أي كسر أو تشقق أو خلل من أي نوع وهذا الحمل يختلف لكل مادة عن الأخرى.

6-1-5 الإجهادات التي تتعرض لها الحوائط الحاملة:

تتعرض المنشآت الهندسية من حيث تركيبها الإنشائي لاجهادات مختلفة نذكر منها الآتي:

- إجهاد الانحناء Bending Stresses
- إجهاد الشد Tensile Stresses
- إجهاد الضغط Compressive Stresses
- إجهاد القص Shearing Stresses

تتحمل عناصر المبنى حسب تكونها وخواص موادها تلك الاجهادات أو بعض منها بدرجات متفاوتة، فالخرسانة المسلحة مثلا تتحمل جهود الشد والضغط والقص، بينما نجد الحوائط المبنية من الطوب أو الدبش تتحمل جهود الضغط بصفة عامة أما تحملها لجهود القص فضعيف لذلك يجب عند استخدامها كحوائط حامله أن تحسب أسماكها في حدود هذه الاعتبارات.

وتتحمل الحوائط المبنية من الطوب أساسا جهود الضغط إلى جانب تحملها لجهود القص في بعض الحالات الخاصة ولكنها لا تتحمل جهود الانحناء ولا جهود الشد، ولذا تصمم الحوائط تحت هذه الاعتبارات وتتوقف درجه تحملها لجهود الضغط على نوع الطوب والمونة المستعملة في بنائها وكذا الطريقة المستعملة في ربط الحوائط ودرجة جودة البناء، إلا إنه لا يمكن اعتبار جهد الضغط المسموح به من التجارب العلمية هو جهد التشغيل الفعلي حيث تتفاوت الحوائط في طرق بنائها وجودتها ولذا يجب أن يكون هناك معامل للأمان يتراوح بين 1/5 إلى 1/10 أقصى جهد للكسر، فإذا عرفنا أن أقصى جهد للكسر للمباني حوالي 40كجم/سم2 فيكون جهد التشغيل المسموح به لجهود الضغط على المباني طبقاً للمعادلة الآتية:

جهد التشغيل المسموح به لجهود الضغط على المباني = أقصى جهد للكسر × معامل الأمان

=40 × (1/5) أو (1/10) = 4 : 8 كجم/سم^2

ويلاحظ أن معامل الأمان كبير وذلك لما قد يكون هناك من عيوب في الطوب عند صناعته أو ما يحدث من عدم إجادة العمل عند البناء.

6-1-6- حساب السمك النظري لحائط حامل:

القاعدة العامة لحساب السمك النظري لحائط حامل هي حساب الحمل الثابت والمتحرك الواقع على متر طولي من الحائط بما في ذلك وزن الحائط نفسه ثم يقسم ذلك الحمل على جهد التشغيل المسموح به فيعطى السمك النظري المعروف وذلك بتطبيق المعادلة الآتية:

ح / جـ.ط = س × 100

س = ح / (جـ × 100)

حيث:

- ح = الحمل الثابت والمتحرك الواقع على الحائط بما فيه وزن الحائط بالكجم.
- جـ.ط = جهد التشغيل المسموح به بالكجم/سم2 (لمباني الطوب أوالدبش من 4 : 8 كجم/سم^2)
- س = سمك الحائط المطلوب بالسنتيمتر (100سم = طول متر طولي من الحائط مقدرا بالسم).

ملحوظة:

- وزن المتر المكعب من الخرسانة المسلحة = 2400 كجم
- وزن المتر المكعب من مباني الطوب = 2000 كجم
- وزن المتر المكعب من مباني الدبش أو الحجر أو الخرسانة العادية = 1800 كجم
- وزن المتر المسطح من الخرسانة المسلحة للسقف والأرضيات = 400 كجم
- وزن الحمل الحي = 200–250 كجم/م^2

قد يلاحظ عند حساب السمك النظري في حوائط الدور العلوي أنها تكون أقل من 12سم (نصف طوبة) وفي هذه الحالة يؤخذ السمك العملي بالحد الأدنى وهو 12سم .

6-1-7- حساب عرض الأساس تحت سمك الحائط الحامل:

تنطبق نفس المعادلة السابقة حيث ح تساوى الحمل الثابت والمتحرك الواقع على الأساس بما في ذلك وزن الأساس نفسه بالكيلو جرام.

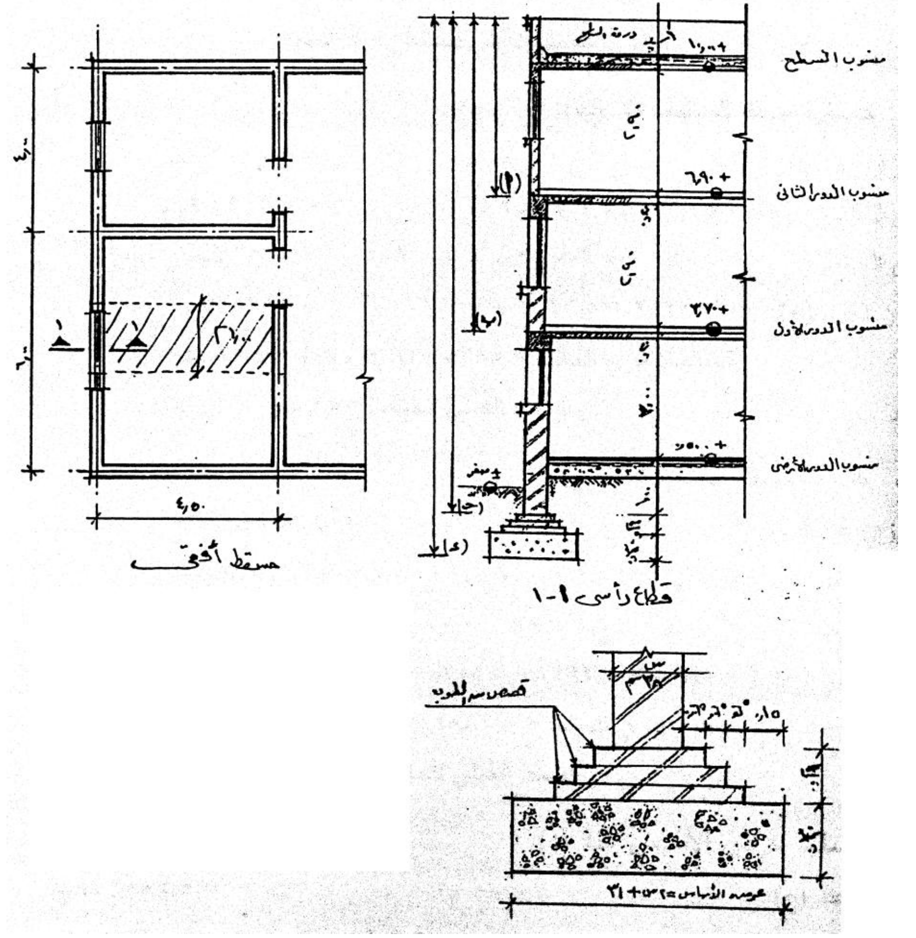
جـ.ت = جهد التشغيل المسموح به للأرض (التربة) بالكجم/سم^2

= 1 / 2 : 5 كجم /سم^2

6-1-8- مثــال تطبيـقي:

احسب السمك النظري لحائط المبنى الخارجي (من الطوب الأحمر العادي) المنشأ بطريقه الحوائط الحاملة والمكون من ثلاثة أدوار (دور أرضي ودور أول علوي ودور ثاني علوي) كما هو موضح في المسقط الأفقي والقطاع الرأسي بالشكل رقم (35)، وكذلك احسب عرض الأساس وسمك الحائط تحت منسوب الردم علما بأن:

- وزن المتر المكعب من مباني الطوب = 2000 كجم/م^3
- وزن المتر المسطح للسقف والأرضيات = 400 كجم/م^2
- وزن الحمل الحي = 250 كجم/م^2
- جهد التشغيل للمباني الطوب والدبش (جـ.ط) = 6 كجم/سم^2
- جهد التربة (جـ.ت) = 1.25 كجم/سم^2
- يراعى عدم طرح فتحات الشبابيك عند حساب وزن الحائط.



شكل رقم (35) المسقط الأفقي والقطاع الرأسي للمثال التطبيقي

الإجابـــة:

- **حساب سمك الحائط عند (أ):**

وزن الدروة = 2000 × 0.12 × 1.00 × 1.00 = 240 كجم

وزن السقف والأرضيات = 650 ×1.00 × 2.25 = 1462.5 كجم

وزن الحائط = 3.00 × 1.00 × 0.12 (السمك المفروض) ×2000 = 720 كجم

الوزن الكلــي = الحمـل (ح) = 240 + 1462.5 + 720 = 2422.5 كجم

حيث س = ح / (جـ.ط × 100)

السمك النظري للحائط = 2422.5 / (6 × 100) = 4.04 سم

∴ السمك العملي للحائط = 12 سم

- **حساب سمك الحائط عند (ب):**

الأوزان عند (أ) = 2422.5 كجم

وزن السقف = 2.25 × 1.00 × 650 = 1462.5 كجم

وزن الحائط = 3.00 × 1.00 × 0.25 × 2000 = 1500 كجم

الوزن الكلى (ح)= 2422.5 + 1462.5 + 1500 = 5385 كجم

السمك النظري للحائط = 5385 / (6 × 100) = 8.98 سم

∴ السمك العملي للحائط = 25 سم

- **حساب سمك الحائط عند (ج):**

الأوزان عند (ب) = 5385 كجم

وزن السقف = 2.25 × 1.00 × 650 = 1462.5 كجم

وزن الحائط = 4.00 × 1.00 × 0.38 × 2000 = 3040 كجم

الوزن الكلى (ح)= 5385 + 1462.5 + 3040 = 9887.5 كجم

السمك النظري للحائط = 9887.5 / (6 ×100) = 16.48 سم

∴ السمك العملي للحائط = 38 سم

- **حساب عرض الأساس عند (د):**

الأوزان عند (ج) = 9887.5 كجم

وزن الأساس= [(1 / 2) × (0.51 + 0.77)] × 1.00 × 0.21 × 2000 = 268.8 كجم

وزن قاعدة الأساس= 1.07 × 0.30 × 1.00 × 1800 = 577.8 كجم

الوزن الكلى (ح) = 9887.5 + 268.8 + 577.8 = 10734.1 كجم

عرض الأساس النظري = 10734.1 / (1.25 ×100) = 85.87 سم

∴ عرض الأساس العملي = 107 سم

6-1-9 شروط البناء بالحوائط الحاملة:

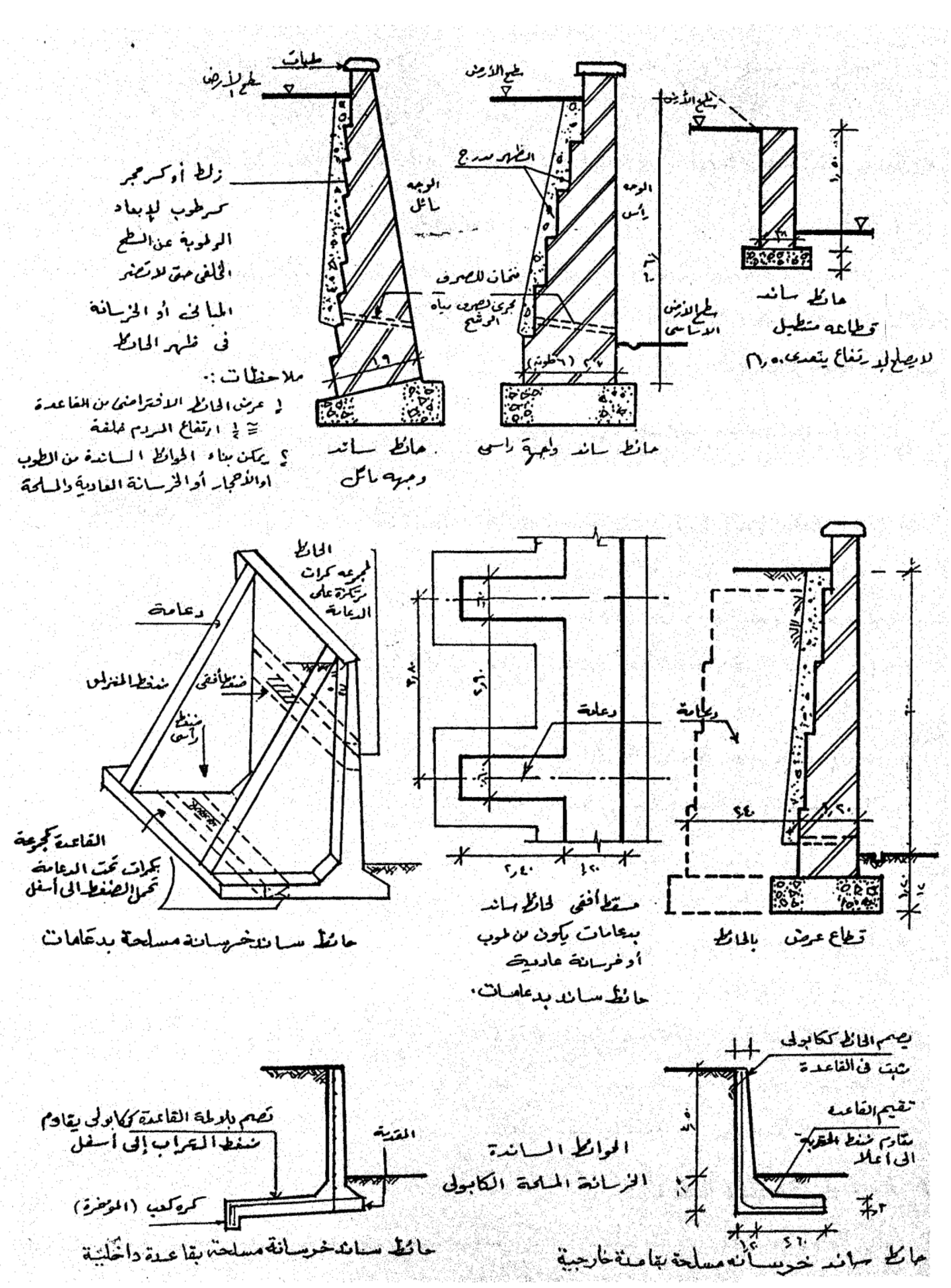
يجب أن تكون جهود الضغط على الحوائط الحاملة وعلى الأساس موزعة بانتظام ومقدار تحمل الحوائط يتوقف على الآتي:

- سمك الحائط.
- نوع مادة البناء والمونة والمصنعية.
- ارتفاع الحائط (لمقاومته لضغط الرياح أو المياه داخل الخزانات).

- طريقة توزيع الأحمال على الحوائط، ومثال ذلك إذا كان السقف من عروق الخشب أو الكمرات الحديدية وبلاطات خرسانية فيجب أن يكون ركوب مادة السقف على الحائط أكبر ما يمكن على كامل سمك الحائط وترتكز العروق الخشبية على مخدة من الخشب أو الحجر أو الخرسانة المسلحة حتى يتم توزيع الحمل على مساحة الحائط بانتظام.
- في حالة الأساسات من الحوائط يجب أن تكون منطقة التربة تحتها متجانسة وأن يكون توزيع الحمل على الأساس منتظماً وبذلك نتفادى الهبوط تحت الأساس.
- في حالة تأثير قوى أفقية على الحائط مثل حالات الحوائط الساندة للأتربة أو ضغط الهواء والرياح مثلاً أو ضغوط داخلية مثل ضغط المياه خلف السدود أو ضغط الزيوت داخل الخزانات فالحد المسموح به حتى لا يكون هناك قوى شد في سطح المباني أن تقع المحصلة الناتجة من الضغط الأفقي ووزن الحائط داخل المثلث الأوسط من عرض الأساس وإذا زاد الضغط الأفقي وخرج خط تأثير المحصلة عن المثلث الأوسط فيكون الحائط معرض للانهيار.

6-2 الحوائط الساندة:

تستعمل هذه الحوائط لحمل الضغوط المائلة الواقعة من اختلاف مناسيب الأرض أو المياه سواء الجوفية أو السطحية، كما يمكن اعتبارها سدود أرضية. ويمكن استعمال هذه الحوائط لحمل الأسقف المائلة أو العقود أو القبوات أو الأسوار ذات الأطوال والارتفاعات الكبيرة، كما أنها تتحمل ضغط الرياح أو التربة التي تقع في مناسيب منخفضة من سطح الأرض، وقد تحتاج هذه الحوائط إلى أكتاف أو دعامات بارزة عن البناء. وعلى ذلك يجب أن يحدد شكل الحائط الساند بحيث يعطى أكبر مقاومة ممكنة مع أقل كمية من مواد البناء، أنظر شكل رقم (36).



شكل رقم (36) الأشكال المختلفة من الحوائط الساندة

7- العقـود والأعتاب: Arches and Lintels

عندما نشيد فتحة في حائط مباني سواء من الطوب أو الحجر فمن الأهمية عمل تغطية لها لحمل ثقل المباني التي ستبنى فوقها، وتتم تغطية هذه الفتحة إما بعمل عقد أو عمل عتب فوقها.

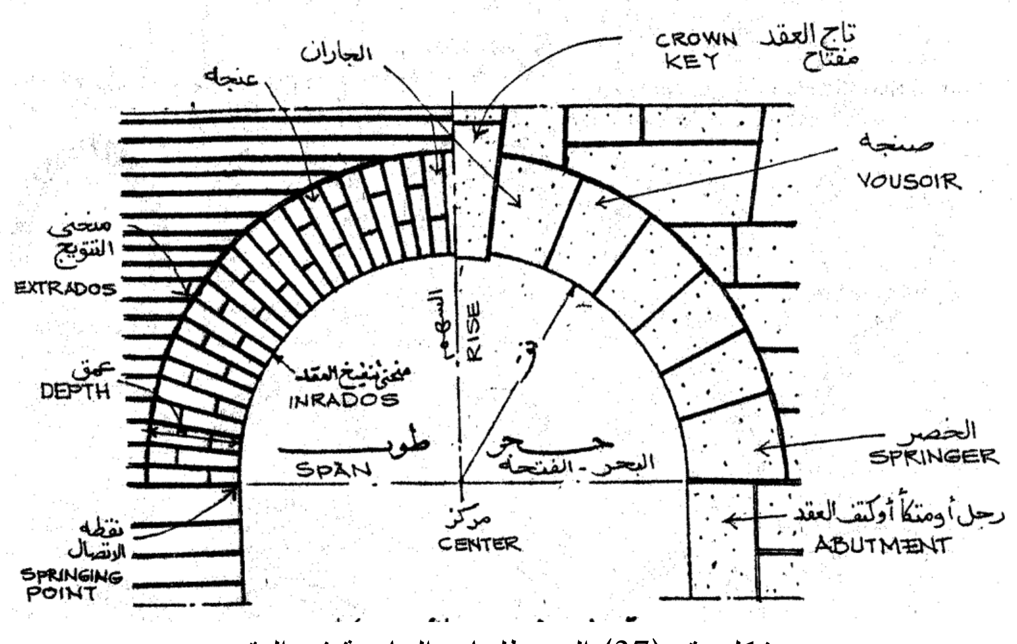
7-1- العقـود: Arches

العقد هو ترتيب خاص من الأحجار أو الطوب أو أي مواد أخرى توضع متراصة بجانب بعضها البعض لتكون خط قوسي يستطيع أن يقاوم الأحمال التي عليه وذلك بموازنة قوى الرفس الناتجة منه والقوة المعاكسة لها، وقد استعملت العقود في العصور القديمة بكثرة في مبانيهم نظرا لعدم اكتشاف الخرسانة المسلحة في ذلك الوقت وكان الغرض الأساسي من استعمالها هو تغطية الفتحات الكبيرة والصغيرة في مبانيهم وتوزيع أثقال ضغوطها على أكتاف عقودها لتهيئة الأعمدة والحوائط لحمل الأدوار المختلفة عليها، بالإضافة إلى أن العقود تعطى لمسة جمالية للمباني أيضا بإظهار موادها البنائية بدون بياض أو طلاء خارجي.

7-1-1- المصطلحات الخاصة في العقود:

من أهم المصطلحات المستخدمة في العقود الآتي، أنظر شكل رقم (37):

- صنج العقد: وهي الأجزاء التي يركب منها العقد (من الطوب أو الحجر).
- مفتاح العقد: وهو الصنجة المتوسطة في العقد.
- تاج العقد: وهو الجزء العلوي لمفتاح العقد.
- رجل العقد أو متكأ العقد: وهو الجزء الذي يركز علية خصر العقد (وفي مباني الطوب قد تعمل من الطوب أو الحجر).
- خصر العقد: وهو النصف الأسفل من العقد.
- تنفيخ العقد: وهو السطح السفلي لمنحنى العقد ويقال له بطنية العقد.
- تتويج العقد: وهو المنحنى الخارجي للعقد ويسمى أحيانا تجريد العقد.
- السمبوسكة: وهو الجزء المحصور بين عقديين متجاورين.
- السهم: وهو ارتفاع العقد (الخالص).
- الوتر أو البحر: وهو فتحة أو أتساع العقد.
- نقطة الاتصال: وهي نقطة بدء استدارة العقد.
- الجنزير: وهو مدماك العقد سواء كان مستقيما أو منحنيا.
- الجاران: الصنجتين الملاصقتين لمفتاح العقد.



شكل رقم (37) المصطلحات الخاصة في العقد

7-1-2- طريقة بناء العقود:

تبنى العقود بعد عمل عبوات خاصة بها من الخشب تأخذ شكل منحنى التنفيخ للعقد ثم ترص جنازير فوقها ثم تسقى بعد ذلك بالمونة وتزال العبوات من تحت العقد بعد جفاف المونة وتصلدها.

7-1-3 العقود من الطوب:

وتستعمل فيها دائما مونة أسمنتية قوية مع العناية باللحامات حتى لا تتعرض مباني العقد للتصدع، وتنقسم العقود التي من الطوب إلى العقود الغشيمة والعقود المخصوصة، أنظر شكل رقم (38).

7-1-3-1- العقود الغشيمة:

وتستعمل فيها الطوب العادي الصحيح وتعمل من جنزير أو أكثر وتوضع فيها القوالب بحيث يكون سطحا التحام القالب مماسين للدائرة المرسومة عند مركز العقد وقطرها يساوى سمك القالب، وبهذه الطريقة يتكون مثلث بين كل صنجتين متجاورتين رأسه على منحنى التنفيخ للجنزير وقاعدته على منحنى التتويج للجنزير ويملأ هذا المثلث بالمونة ويراعى ألا تزيد سمك المونة عند قاعدة المثلث عن 2سم.

7-1-3-2- العقود المخصوصة:

ويستعمل فيها الطوب المخصوص الشكل المصنع خصيصا ليناسب انحناء العقد، وتتجه جميع اللحامات في العقود المخصوصة إلى مركز العقد وقد يعمل من جنزير واحد أو اكثر ويكون سمك القالب

على المنحنى السفلي للجنزير أصغر منة على المنحنى العلوي، ويحسب سمك القالب دائما عند المنحنى الخارجي للجنزير.

وقد تقطع القوالب عل الطبيعة بواسطة المنشار لتأخذ الشكل المطلوب للصنجة، وفي العقود المخصوصة تكون سمك لحامات المونة ثابتاً ولا يتجاوز 1 سم.

7-1-3-3- أمثلة استخدام الطوب في العقود:

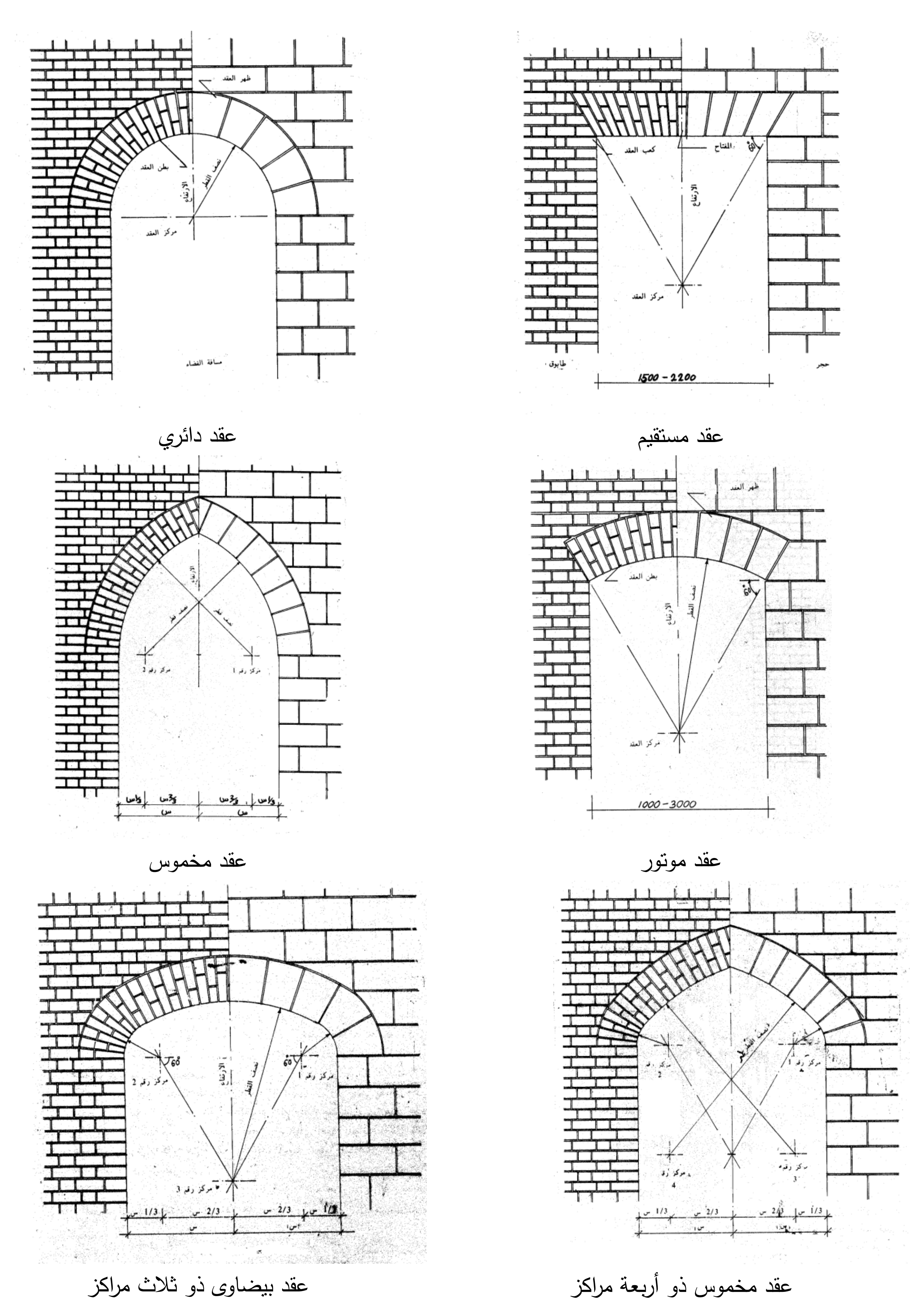
تأخذ العقود من الطوب أشكالاً مختلفة كالآتي:

- العقود الموتورة من الطوب العادي (الغشيم)، والمخصوصة من الطوب المخصوص.
- العقود النصف دائرة الغشيمة والمخصوصة.
- العقود المستقيمة من الطوب المخصوص ذات اللحامات المتجهة نحو المركز.
- عدد من العقود المخموسة من الطوب المخصوص.

7-1-4- العقود من الحجر:

تماثل العقود من الحجر عقود الطوب في طريقة رسمها وفي أشكالها المختلفة وتستعمل لنفس الغرض وهو تغطية الفتحات مع توزيع الضغوط على الأكتاف (جوانب الفتحات)، وكذلك إعطاء المنشأ شكلا معماريا خاصا، أنظر شكل رقم (38).

وقد يبنى العقد من أحجار مهذبة تهذيباً خفيفاً أو من الأحجار المنحوتة على شكل صنج مسننة لتعشق في المداميك الأصلية للحائط، وعادة يكون العقد ذو صنج منحوتة نحتا دقيقا ولحاماته متجهة نحو مراكز الأقواس المكونة لمنحنى بطنية العقد وتبنى العقود الحجر على عبوات كما سبق في العقود من الطوب. ويراعى عند بناء العقود أن تكون مراقد الحجر فيها متجهة نحو المركز وقد تعمل صنج العقد موثقة توثيقاً ظاهراً أو غير ظاهر وقد تكون مسننة من أعلى أو مستديرة.



عقد مستقيم

عقد دائري

عقد موتور

عقد مخموس

عقد مخموس ذو أربعة مراكز

عقد بيضاوى ذو ثلاث مراكز

شكل رقم (38): عقود من الحجر والطوب.

7-2- الأعتــاب: Lintels

يعتبر عتب الباب أو الشباك هو العنصر الإنشائي المستقيم الذي يعبر فتحة الباب أو الشباك ليحمل الأحمال على الحوائط فوقه وهذه تشمل وزن العتب نفسه وكذلك أوزان الحوائط وما قد يحمل من أسقف (عندما تكون الحوائط من نوع الحوائط الحاملة)

والعتب دائما يكون أفقيا ويقوم مقام العقد في نقل الأحمال إلى الأكتاف حول الفتحات وقد يعمل له عقد خفيف لكي يساعد في تخفيف الحمل على العتب نفسه، ويعمل العتب عادة من مادة تتحمل الشد مثل الخشب أو الصلب أو الخرسانة المسلحة، وقد يعمل أحيانا من الحجر أو من الطوب إذا كان المطلوب ذلك ويعمل خلفة عتب من مادة أخرى يتحمل الأحمال. وقد تترك مادة العتب ظاهرة أو يعمل لها بياض وقد يكون في مستوى الحائط الرأسي وقد يعمل بارزا عنه أو غاطسا.

7-2-1- أنواع الأعتـــاب:

تنقسم الأعتاب حسب المادة المكونة لها، حيث توجد أعتاب من الحجر وأعتاب من الصلب وأعتاب من الخرسانة المسلحة، ويوضح شكل (39) أنواع مختلفة من الأعتاب.

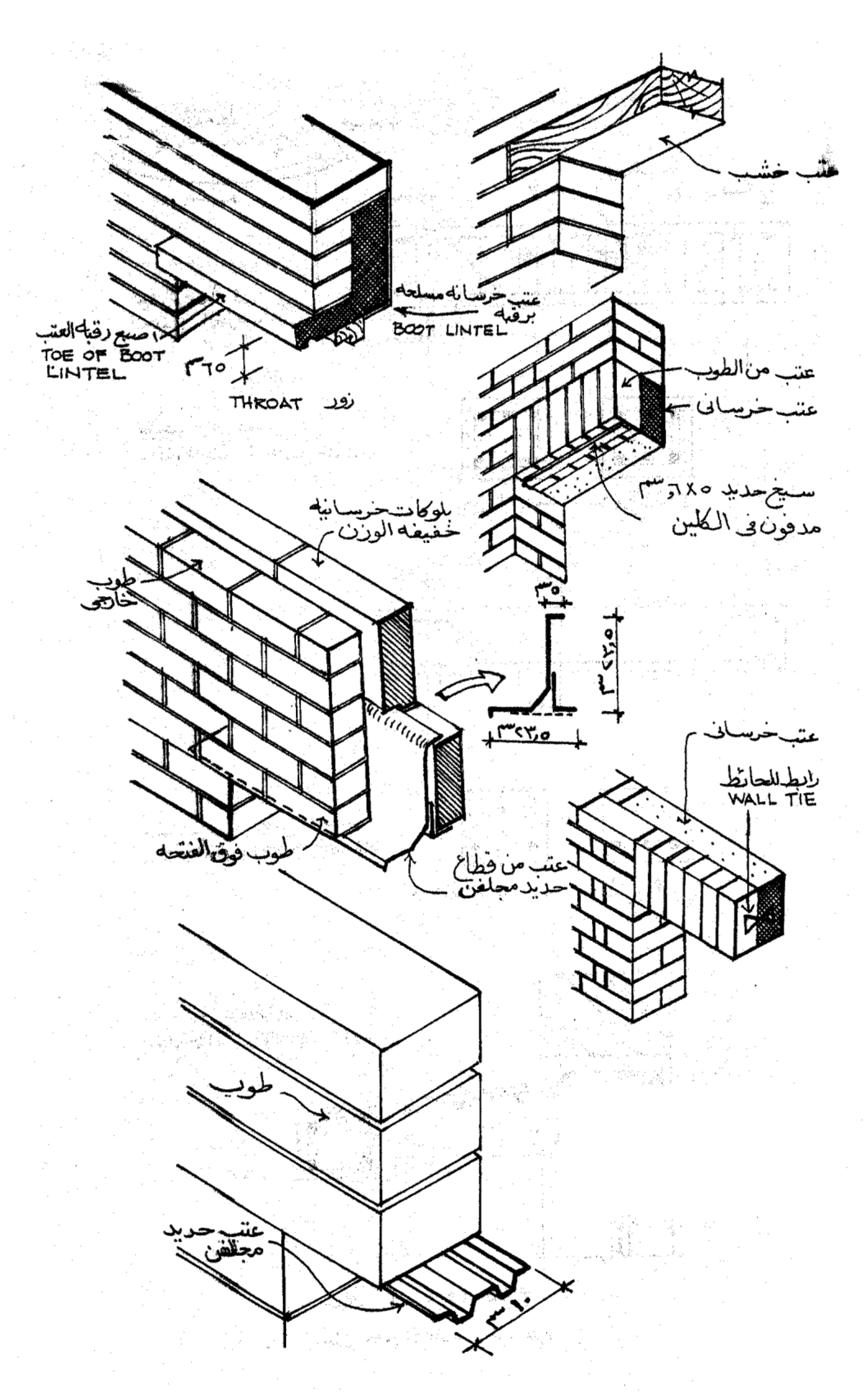
7-2-1-1- الأعتاب من الحجر:

إما أن يكون مكونا من قطعة واحدة بسمك الحائط أو مكونا من قطع متجاورة تكمل سمك الحائط، ويتوقف ارتفاع العتب على الأحمال المؤثرة عليه وعلى نوع الحجر المستعمل ويجب ألا يقل ارتفاعه عن 1|4 البحر. وفي بعض الأحيان وللشكل المعماري يعمل العتب الحجر غير حامل ويعمل خلفة عتب من الخشب أو الصلب أو الخرسانة المسلحة يقوم بحمل الأحمال نيابة عنة، وأحيانا يقوم العتب الخلفي بحمل العتب المستعار (الغير حامل) .

7-2-1-2- الأعتاب من الصلب:

وتعمل من قطاعات الصلب المغلف بالخرسانة لتقاوم الحريق والصدأ وتكون من الكمرات على شكل غالبا وقد تكون من الكمرات على شكل (I) وقد تكون على شكل مجرى ([ ) أو (T) أو زوايا (L)...الخ.

وعادة ما تكون عدد الكمرات الصلب في العتب كمرتين للحوائط 25سم ويحافظ على المسافة بينهما باستعمال مساعدات من الصلب(جاويط) عبارة عن مواسير صلب داخلها مسامير مقلوظة من الأطراف.



شكل (39): أنواع مختلفة من الأعتاب.

7-2-1-3- الأعتاب من الخرسانة المسلحة:

الأعتاب من الخرسانة المسلحة نوعين :

- **عتب مصبوب في مكانة:** وتعمل له شدة ويصب في موقعة بعد وضع التسليح به ويعمل عرضة مساويا لعرض الحائط.
- **عتب جاهز الصب:** وهو الذي يتم صبه بعيدا عن الحائط ثم يركب في موضعه، وعادة يعمل له تسليح سفلي وعلوي متماثل ويعمل عادة بعرض 1|2 طوبة حتى يسهل حملة ويوضع عتبتين أو ثلاثة بجانب بعضها حسب عرض الحائط .

ملحوظة هامة:

يراعى أن يكون ارتفاع العتب (مهما كانت مادة صنعة) عبارة عن مكررات مداميك الطوب عند بناء الحوائط من الطوب وأن يكون ركوب العتب 1|2 طوبة طوليه على الأقل من كل جانب.

7-2-2- الجلسات:

الجلسات هي الجزء الواقع اسفل فتحة الشباك وتعمل من الطوب الظاهر أو المغطى بالبياض أو تعمل من الأحجار الطبيعية أو الصناعية أو من الحجر المغطى بالبياض. وقد تعمل الجلسات من الخشب أو من المعادن المختلفة حسب طبيعة الحوائط الموجودة بها الفتحات. والجلسات التي من الطوب قد تكون من طوب عادى يوضع على سيفه (مدماك سكينه) أو من طوب مخصوص مشطوف يوضع على سيفه أيضا.

8- أعمال الخرسانات:

يتناول هذا الجزء كل ما يختص بأعمال الخرسانات، من حيث أنواعها وطرق خلطها وصبها لتنفيذ الإنشاءات الخرسانية. وللخرسانة خصائص كثيرة تمتاز بها عن المواد الأخرى فهي تأخذ شكل صلد متين مع الزمن تدريجيا وتبدأ بالشك الابتدائي ثم الشك النهائي. ويمكن تقسيم الخرسانة إلى نوعين رئيسيين هما: الخرسانة العادية والخرسانة المسلحة.

8-1- الخرسانة العادية: Plain Concrete

يعتبر الرومان أول من استعمل الخرسانة العادية، ولقد استعملت في معظم مبانيهم لسهولة تشكيلها وإمكانية تنفيذها بعمالة مدربة تدريبا بسيطا. ومن خصائص الخرسانة العادية أنها شديدة المقاومة للضغط ولكن في نفس الوقت ضعيفة جدا لمقاومتها للشد. وعلى ذلك فالخرسانة العادية لا تستعمل في

الأماكن التي يحدث فيها شد. وتدخل الخرسانة العادية في العديد من المواضع المختلفة بالمبنى، وتختلف نوع وتسمية الخرسانة العادية حسب مكانها في المنشأ والغرض من استخدامها.

8-1-1- مكونات الخرسانة العادية:

تتركب الخرسانة العادية من جزء من المونة المطلوبة وجزئين من الزلط، ويكون الزلط الداخل في تركيب الخرسانات العادية بأحجام لا تزيد عن الآتي:

- 3 سم للفرشات التي لا يزيد سمكها عن 5 سم.
- 4 سم للفرشات التي لا يزيد سمكها عن 10 سم.
- 5 سم للفرشات التي لا يزيد سمكها عن 20 سم.

ويلزم أن تكون مواد المون والخرسانات العادية من زلط ورمل وجير وحمرة وكسر طوب ودقشوم ...إلخ من أحسن الأنواع المستعملة وتنطبق عليها المواصفات الفنية الخاصة بها.

8-1-1-1- أصناف مون الخرسانة العادية:

تقسم المون حسب نوعية ونسب المواد المختلفة الداخلة في تركيبها كالآتي:

- مون جير عادى ومونة جير وحمرة أو قصرمل: وتتكون من نسب مختلفة من الجير العادي والرمل والحمرة أو القصرمل وتقاس بالحجم.
- مونة الأسمنت: وتتكون من أوزان مختلفة للأسمنت (200، 250، 300، 350، 450 كجم) لكل متر مكعب رمل.
- مونة جبس: وتتكون من نسب مختلفة من الجبس الأبيض والجير العادي والرمل وتقاس بالحجم.
- مونة جير أسمنت: وتتكون من أوزان مختلفة للأسمنت لكل متر مكعب من مونة الجير العادي ومونة الجير الحمرة أو القصرمل.

8-1-2- كيل ومزج الخرسانة العادية:

تكال مركبات المون والخرسانة العادية على الناشف بالنسب المطلوبة بواقع المتر المكعب ويضاف الأسمنت بالوزن بواقع الكيلوجرام، وتستعمل لكيل المواد صناديق من الخشب أو الصاج.

وجميع المون والخرسانات يجب خلطها جيداً وذلك بتقليبها على بعضها دفعتين على الناشف ودفعتين أخرتين بالماء وذلك على طبلية من الخشب قوية ذات سعة مناسبة أو على فرشات من الخرسانة أما الماء فيجب أن يضاف إلى الخلطة بمقادير صغيرة لمنع غسل المونة من فوق سطح الخرسانة ولا يجوز تحضير أكثر من متر مكعب من المونة أو الخرسانة على طبلية واحدة في وقت واحد.

وفـي الأعمـال الكبيـرة تمـزج وتخمـر المـون والخرسـانات بواسـطة خلاطـات ميكانيكيـة ولا يسـمح إخراجها منها إلا بعد تقليبها مدة لا تقل عن دفعتين وتحولها إلى عجينة مرنة متجانسة ذات لون واحد. ويجب استعمال مون وخرسانات الأسمنت غير المستوية على جير في مدة لا تتجاوز ساعتين وكل مونة يمضـى علـى مزجها أكثر مـن المدة المذكورة ولـم تستعمل تـرفض ولا يسمح بإدخالها فـي الأعمـال أمـا الأسمنت السريع الشك فيجب استعمال الخرسانة المكونة منه أول بأول.

8-1-3- رمى ورش الخرسانة العادية:

توضع الخرسانة بكامل العروض والأسماك المبينة بالرسومات التنفيذية، وتوضع خرسانة الأساسات وما يشابهها في مواضعها ولا يسمح بإلقائه من أعلى حيث توضع على طبقات سمك الواحدة منها 25 سم وتدق كل طبقة على حده بمندلات خشبية أو حديدية على عموم المسطح وفي اتجاه جوانب الخنادق حتى لا تترك فراغات بها، وقبل وضع أي طبقة من الخرسانة يغسل سطح الطبقة السابقة بالماء والفرشاة السلك، وعند استئناف العمل بالخرسانة بعد وقوفها أو عند طلب وضع خرسانة جديدة بجانب خرسانة قديمة لعمل إضافة يجب نقر وتخشين وجه الخرسانة القديمة وغسله بالماء والفرشاة السلك لإزالة ما يكون عالقاً به من الزلط المفكك أو الطين أو التراب.

ويراعى عند وضع الخرسانة الأسمنتية الجديدة بجانب أخرى قديمة أن يغطى وجه الأخيرة بمونة من الأسمنت والرمل السائلة (اللباني) بنسبة 350 كجم أسمنت لكل متر مكعب رمل.

ترش أعمال الخرسانات بالمياه رشاً غزيراً بحيث تظل منداة لمدة سبعة أيام متوالية وذلك لضمان الشك والتماسك.

8-1-4- أنواع الخرسانة العادية:

تختلف الخرسانة العادية من حيث نوع ونسب المواد الداخلة في تركيبها حسب موضعها في المنشأ كالآتي:

- خرسانة عادية لزوم الأساسات: مكونة بنسب 0.800 م^3 زلط، 0.400 م^3 رمل، 200 كجم أسمنت.
- خرسانة عادية لزوم الأساسات وخلافه: مكونة بنسب 0.800 م^3 دقشوم أو كسر طوب أحمر، 0.400 م^3 رمل، 150 كجم أسمنت.
- خرسانة عادية لزوم الأرضيات: مكونة بنسب 0.800 م^3 زلط، 0.400 م^3 رمل، 150 كجم أسمنت.
- خرسانة عادية لزوم الأرضيات: مكونة بنسب 0.800 م^3 دقشوم أو كسر طوب أحمر، 0.400 م^3 رمل، 100 كجم أسمنت.

- خرسانة عادية لزوم الأرضيات بالأدوار فوق الأرضي: مكونة بنسب 0.800 م^3 جلخ من النوع الخفيف، ، 0.400 م^3 رمل، 100 كجم أسمنت لزوم الملء أسفل الدواليب والأسقف المنخفضة للدورات وغيرها.
- خرسانة عادية لزوم ميول الأسطح بسمك متوسط 7 سم ولا يقل عن 3 سم مكونة من ثلاثة أجزاء كسر طوب أحمر يمر من مهزة سعة عيونها 2 سم، وجزئين من مونة مكونة من جزئين جير مطفي وثلاثة أجزاء رمل و100 كجم أسمنت لكل متر مكعب من الخلطة.
- خرسانة عادية لزوم ميول الأسطح بسمك متوسط 7 سم ولا يقل عن 3 سم مكونة من جزئين جير مطفي، وثلاثة أجزاء رمل، و200 كجم أسمنت لكل متر مكعب من الخلطة.

8-2- الخرسانة المسلحة:

هي مركب من مواد الخرسانة العادية والحديد تستطيع أن تقاوم الاجهادات المختلفة المؤثرة عليه.

8-2-1- مكونات الخرسانة المسلحة:

تتكون الخرسانة المسلحة من الرمل والزلط والأسمنت ومياه التحضير وحديد التسليح.

8-2-1-1- الرمل:

يلزم أن يكون الرمل نظيفاً حاد الأحرف مستخرجاً من محاجر معتمدة وخالي من المواد الترابية أو الملحة أو أي مواد غريبة ويجب هزه على مهزة سعة عيونها 5 مم.

8-2-1-2- الزلط:

يجب أن يكون الزلط وارد الصحراء ومستخرجاً من محاجر معتمدة وحاد الأحرف نظيفاً خالياً من المواد العضوية والأتربة ويتدرج في الحجم بقدر الإمكان مع هزه على مهزة سعة عيونها 30 مم ومهزة سعة عيونها 5 مم ويلزم غسله قبل استعماله.

8-2-1-3- الأسمنت:

يجب أن يكون مطابقاً للمواصفات القياسية المصرية وحديث الإنتاج، وتنطبق هذه المواصفات على الأسمنت البورتلاندي العادي والأسمنت البورتلاندي سريع الشك والأسمنت الحديدي، ويلزم حفظ رسالات الأسمنت بأن توضع داخل مكان جاف تماماً ومغطى قدر الإمكان لمنعه من تأثير العوامل الطبيعية ويستحسن أن لا تخزن الرسالة لفترة أكثر من اللازم ويجب أن يستعمل الأسمنت حسب ترتيب التشوين إلى الموقع وكل شيكارة يتلف ما بداخلها من الأسمنت يرفض استعمالها وتبعد عن الموقع.

8-2-1-4- مياه التحضير:

المياه الصالحة لمزج مواد الخرسانة هي المياه الصالحة للشرب مثل مياه الأنهار والينابيع والآبار ولا تصلح مياه المستنقعات والآبار المهجورة لمزج مكونات الخرسانة لأنها تحتوى على مواد غريبة تضعف من الخرسانة وخاصة المياه العكرة (الموحلة) يلزم استبعادها حيث أنها تحتوى على مواد عضوية تمنع تماسك الخرسانة.وتؤثر كمية المياه الداخلة في مزج خليط الخرسانة في المدة اللازمة لشك الخرسانة وكذا في نتيجة تماسكها ومقاومتها، ومثال ذلك زيادة الكمية اللازمة في الخلطة تزيد مدة شك الخرسانة بينما التقليل في الكمية اللازمة ينتج عنة صعوبة عملية الدك وتكون مسام الخلطة ضعيفة وغير قادرة على مقامة الأحمال المفروضة.

وتختلف كمية المياه اللازمة للمزج بحسب اختلاف نوع الأعمال المعدة لها الخرسانة وذلك كالآتي:

- الخرسانة الضخمة الغير مسلحة، يقلل الماء بها لتكون الخلطة شديدة التماسك.
- خرسانة الطرق والتي تحت تأثير الارتجاج والاهتزازات، يجب تقليل الماء بها لتكوين خرسانة شديدة المقاومة.
- خرسانة الكمرات والبلاطات المسلحة والأعمدة، تعمل الخلطة طرية لسهولة التفاف الخرسانة حول أسياخ حديد التسليح.
- للأعمال الدقيقة والمزدحمة بحديد التسليح، تعمل الخرسانة طرية جدا أو ما يقال عنها سايحة وذلك لتسهيل صبها داخل العبوات والتفافها حول أسياخ حديد التسليح، ولكن يجب ألا تزيد كمية المياه عن الحد الذي يذيب الأسمنت ويذهب به عن بقية أجزاء الخطة الخرسانية.

8-2-1-5- حديد التسليح:

يجب أن يكون حديد التسليح من صلب طرى تنطبق عليه المواصفات القياسية المصرية، وتكون الأسياخ خالية من أي مواد عالقة تقلل من التماسك بينها وبين الخرسانة مثل قشور الصدأ أو الشحم وخلافه، وكما يجب تنظيف الأسياخ إذا لزم الأمر. وتقطع وتشكل أسياخ حديد التسليح حسب القطاعات والأطوال والأشكال المبينة في الرسومات التنفيذية الإنشائية، ويجب أن توضع أسياخ التسليح في المواضع المحددة لها بغاية الدقة وذلك باستعمال أسلاك رباط وعلاقات (كانات) وأسياخ لحفظ المسافة بين الأسياخ بشكل يتأكد معه عدم زحزحة الأسياخ أثناء الصب.

ويجب أن تورد أسياخ حديد التسليح بالأطوال المطلوبة في حدود 12 متر، فإذا زاد الطول عن ذلك يصرح بعمل وصلات على أن تكون بطول 40 مرة قطر السيخ مع عمل تجنيش في النهايتين، أما في أسياخ الأعمدة فتعمل الوصلة عند نهاية كل عمود بطول 50 مرة قطر السيخ على الأقل ولكن بدون

تجنيش، ويجب ربط الأسياخ الموصلة مع بعضها البعض بسلك رباط، ويمنع نهائياً وصل الأسياخ باللحام الكهربائي.

8-2-2- العبوات والشدة والسقايل:

تعتبر تكاليف الشدات والعبوات واستهلاك الخشب أثناء العمل في أعمال الخرسانة المسلحة كبيرة. فمثلا لعمل سقف عادى تتراوح التكلفة من 12% إلى 20 % من مجموع سعر التكلفة الكلية، وفي حالة الكمرات المنفردة التي تستوجب شدات خاصة ومعقدة تصل هذه النسبة إلى 50 % من مجموع التكلفة الكلية.

ولذلك يجب أن يقوم المقاول ومهندس المقاول أو مساعده بتوجيه ومباشرة تلك الأعمال وأن يدرس الشدة قبل البدء في مباشرة تنفيذها ليضمن تنفيذها بطريقة اقتصادية، حيث أن العمال قد يقبلوا على قطع ألواح خشب سليمة ليصلوا إلى الطول المطلوب بدون البحث عن الطول المطلوب في الأخشاب الموجودة بالموقع. وعلى ذلك فإن كثيراً من المقاولين يضاربوا على أسعار الخرسانة المسلحة بسبب استعمالهم أخشاب الشدة بطريقة اقتصادية. يجب الاعتناء عند فك الشدة أن تتم بطريقة لا تتلف الخشب، وبعد الفك يلزم تنظيف الخشب ورصه بنظام لاستعماله مرة أخرى.

وتعمل الشدة بأخشاب جيدة وبعدد كافي من القوائم وبالتقويات اللازمة حتى لا تتأثر بمرور العمال عليها أثناء رص حديد التسليح ورمى الخرسانة واستعمال الهزاز والمندلة للحصول على خرسانة جيدة، حيث كل ذلك يجب أن لا يهز أو يضعف الشدة حيث انه سيفكك الخرسانة المصبوبة وهي آخذة في الشك.

8-2-2-1- أنواع الأخشاب المستخدمة في الشدة والعبوات:

من أهم أنواع الأخشاب المستخدمة في مصر للشدة و العبوات الخاصة بالخرسانة المسلحة الآتي:

- الفليري (العروق) ومقاساتها 3.00، 3.30، 4.40، 5.50 × 5 بوصة.
- السويد (الموسكي) ومقاساتها 3.00، 2.40، 2.50، 2.60 × 8 بوصة.
- اللاتيزانة ومقاساتها 1.00، 1.40، 1.50، 1.60، × 8 بوصة.

أما الأطوال فهي في الغالب 12 قدم ولكن توجد عروق بأطوال أكبر.

8-2-2-2- المواصفات العامة للشدات:

يمكن شرح المواصفات العامة للشدات من خلال توضيح الخطوات التنفيذية لعمل الشدات الخاصة بالأعمدة، وتكون خطواته كالتالي، أنظر شكل رقم (40):

- توضع 4 قوائم رأسية من خشب فليري تثبت عليها ألواح سويد أفقية كل 1.00 متر أو 1.20 متر تربط مع بعضها بالقمط بحيث أن مسافاتها الداخلية تكون بمسافة قطاع العمود زائد 2.5 سم من كل جانب بعد الوزن بميزان الخيط.
- تركب ألواح اللاتيزانة وهي بسمك 2.5 سم على العوارض الموسكى بواسطة مسامير طول 5 سم، وبالطبع فإن الجانب الرابع من العمود يجب أن يكون متحرك لأعلى حيث يركب ويثبت مكانه بعد تركيب ومراجعة حديد التسليح والكانات.
- ترتبط الأعمدة ببعضها أفقياً في الاتجاهين بعروق لتثبيتها تماما بواسطة القمط.
- تصب بعد ذلك الخرسانة بعد التأكد من المقاسات والوزن والمتانة.

ملحوظة:

لا يجوز استعمال المسامير لربط القوائم ببعضها أو بالخشاب الموسكي ويجب استعمال القمط في هذه الحالات.

من أهم الاشتراطات الواجب مراعاتها في الشدة والعبوات الآتي:

- أن تكون الألواح متلاصقة الجوانب بحيث تمنع تسرب مونة الخرسانة وقت رميها.
- أن تكون ثابتة ومقاومة لأي اهتزاز تنشأ من مرور العمال فوقها وقت ترص حديد التسليح ورمى الخرسانة، وتكون مختلف أجزائها صلبة لتجنب تفككها أثناء العمل وبعده.
- تستعمل القمط عوضاً عن المسامير بقدر الإمكان.
- تعمل العبوات ويليها فوراً صب الخرسانة بحيث لا تترك معرضة للتقلبات الجوية التي تتلفها.
- تكون العبوات موزونة تماما بميزات الماء والخيط.
- تنظيف الشدة قبل الصب وترش بالماء قبل الرمي منعاً من تسبب التصاق الألواح بالخرسانة وامتصاص الخشب لمياه مزج الخلطة الخرسانية.
- يجب أن تكون الشدة سهلة الفك.

3-2-2-8 الفرم الخشبية:

يجب أن تكون الفرم الخشبية مطابقة تماما للأشكال والمناسيب المطلوبة بالرسومات التنفيذية، وأن تكون الألواح متلاصقة مع بعضها خاصا عند الأركان حتى لا تتسرب منها المونة، وكذلك يجب أن تكون الفرم الخشبية متينة بحيث تتحمل الأحمال التي ستقع عليها بدون أي هبوط، كما يجب اعتمادها (استلامها) قبل رص حديد التسليح ورمى الخرسانة من قبل مهندس التنفيذ بالموقع،

ويراعى في عمل الشدات الآتي، أنظر شكل رقم (41):

- يجب أن تكون جميع العبوات والقوائم مثبتة بشكالات، وبطريقة تسمح بمرور العمال فوقها ورمى الخرسانة بدون حدوث أي اهتزازات.
- الألواح الخشبية (لاتيزانة) اللازمة لعبوات البلاطات وجوانب الكمرات وبطنياتها وجوانب الأعمدة وخلافه تكون بسمك 2.5 سم، كما يجب تقوية العبوات الجانبية للكمرات والأعمدة بعوارض خشبية توضع على مسافات لا تزيد على 0.80 متر بين الواحدة والأخرى.
- تثبت ألواح العبوات فوق مدادت (تطريح) من الخشب الموسكي قطاع 2×4 بوصة توضع على بطنها على مسافات لا تزيد على 45 سم بين المحاور وتحمل على عراقات من الخشب الموسكي بنفس القطاع على سيفها وتثبت هذه العراقات في قوائم من عروق فليري 4×4 بوصة بواسطة قمط من الحديد وعلى مسافات لا تزيد عن متر وتوضع هذه القوائم على قدمة من لوح بلطي سمك 5 سم أو عروق فليري من نفس القطاع وتشحط بواسطة القمط الحديد بواقع قطعتين في كل وصلة مع وضع قبقاب من الخشب.
- توضع فرشات متينة من الأخشاب تحت نهايات القوائم الحاملة للعبوات وذلك إذا كانت مرتكزة على الأرض بحيث لا يقل عرض تلك الفرشات عن 25 سم وسمكها عن 2 بوصة ويجب تثبيت القوائم بالفرشات بوضع خوابير على الفرشات المذكورة.
- توضع عبوات الخرسانة المسلحة على أجزاء بحيث يمكن فك كل جزء منها على حده بدون حدوث اهتزازات لباقي الأجزاء أو القوائم ولا يسمح بفك الفرم إلا بعد مرور المدد الزمنية التالية:
  - 2 يوم للألواح الجانبية للكمرات والأعتاب.
  - 12 يوم للبلاطات والكمرات والأعتاب التي لا يزيد بحرها على 3 أمتار.
  - 15 يوم للبلاطات والكمرات التي يزيد بحرها على 3 أمتار.
- وفي حالة استعمال الأسمنت سريع التصلب تخفض المدة الزمنية للكمرات والبلاطات والأعتاب إلى ثمانية أيام، ويجب رش الخرسانة مرات كافية لبقائها منداة دائماً بالمياه لمدة لا تقل عن أسبوعين في حالة الأسمنت العادي وأسبوع واحد في حالة استعمال الأسمنت سريع التصلب.

8-2-3- مونة الخرسانة المسلحة:

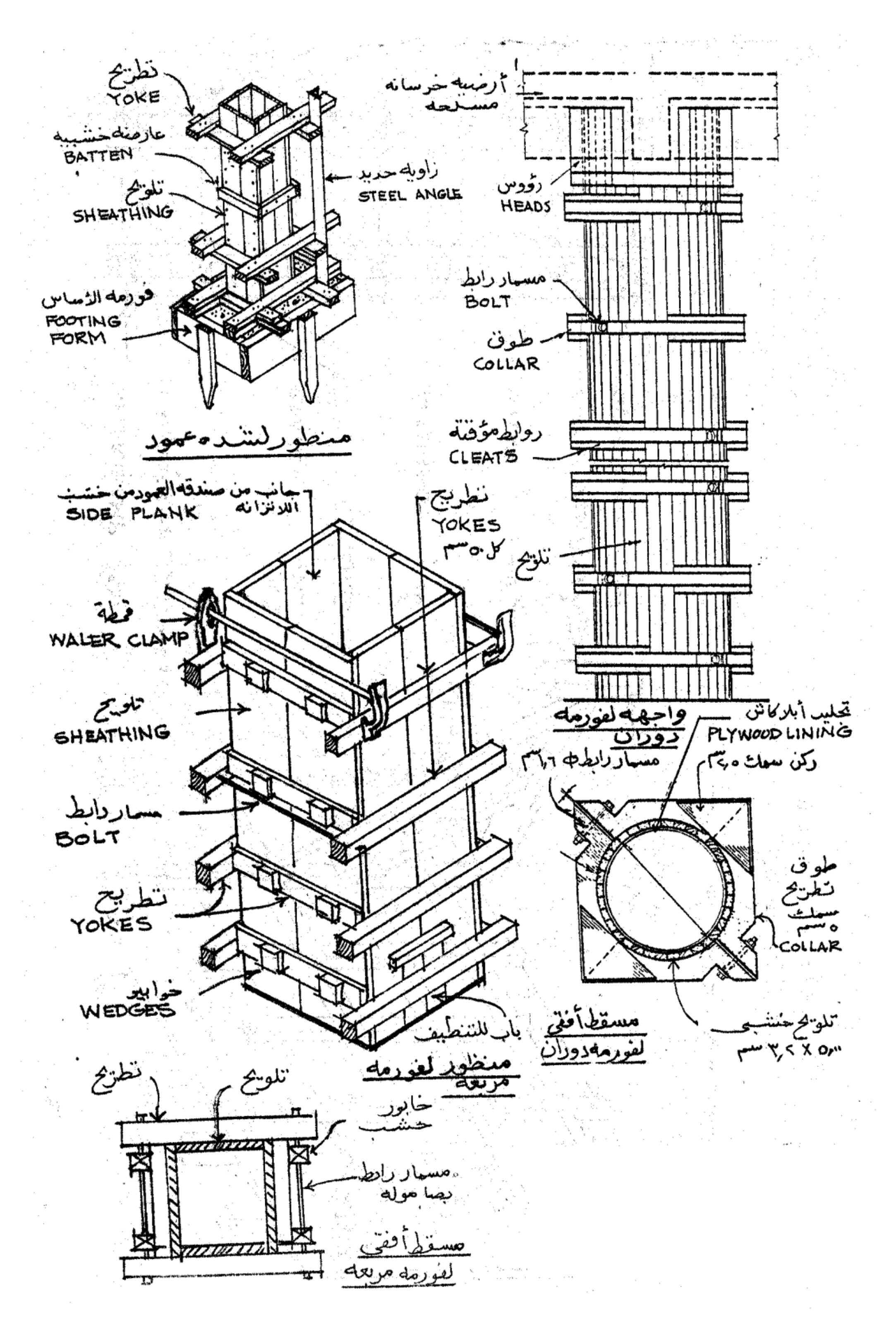
تعمل مونة الخلطة الخرسانة المسلحة عادة بالمواد والنسب الآتية:

- 0.800 م^3 زلط، 0.400 م^3 رمل، 300 كجم أسمنت وذلك للأعمدة وقواعدها والميد (السملات) والوسادات وبلاطات الأسقف والكمرات والأعتاب والسلم أو لأي عمل آخر من أعمال الخرسانة.
- تزداد نسبة الأسمنت في بعض الحالات التي تستدعى ذلك فتعمل نسبة 0.800 م^3 زلط، 0.400 م^3 رمل، 350 كجم أسمنت أو بنسبة 0.800 م^3 زلط، 0.400 م^3 رمل، 400 كجم أسمنت.

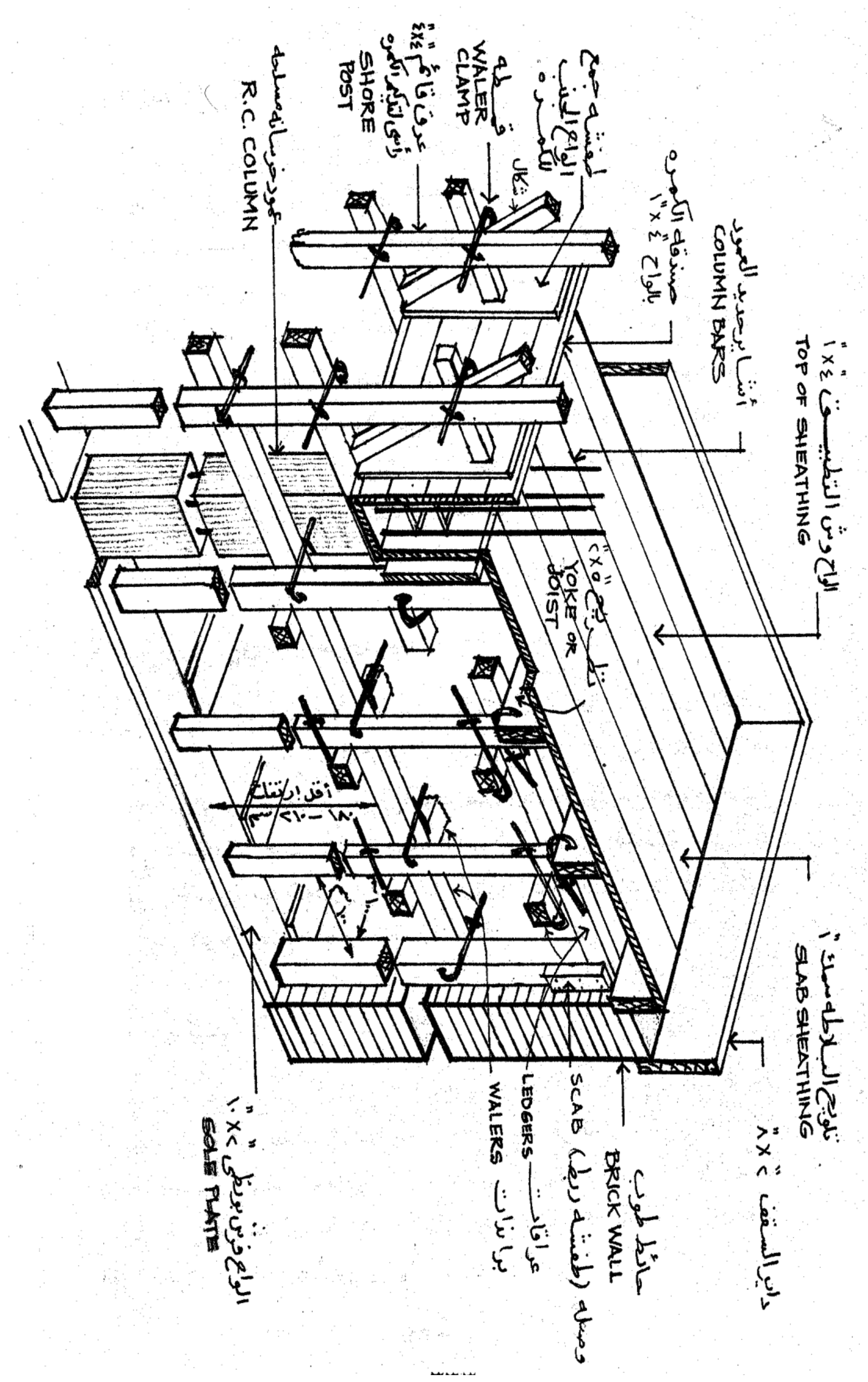
8-2-4 مزج ورمي ورش الخرسانة:

يفضل مزج الخلطة الخرسانية بواسطة خلاط ميكانيكي وإذا لم يوجد فيتم المزج كالآتي:

- تمزج الخرسانة على الناشف على طبالي من الخشب أو على دكة أسمنتية ثم ترش بالماء مع إعادة تقليبها إلى أن يتم المزج.
- يتم التخمير في مأمن من أشعة الشمس، ولا يخمر أكثر من نصف متر مكعب في المرة الواحدة، ولا تزيد المدة بين التخمير والصب عن نصف ساعة.
- ترمى الخرسانة في الأماكن المحددة لها ثم يتم دكها بالحربة والمندالات، ويراعى زحزحة أسياخ التسليح من مواضعها ويستحسن استعمال الهزازات الميكانيكية لضمان وصول الخرسانة إلى الأركان والأجزاء السفلية من العبوات وكذلك لضمان التحام الخلطة وعدم وجود فراغات.
- يتم الرمي قبل بدء شك الخرسانة، ويحظر تماما إضافة مياه إلى الخرسانة بعد تركها الطبلية.
- بعد الرمي يلزم وقاية سطح الخرسانة من الأمطار ومن أشعة الشمس بتغطيتها بالخيش المبلل.
- يراعى الإقلال على قدر الإمكان من توقف العمل أثناء رمى الخرسانة.
- بعد مرور 24 ساعة من عملية الصب يلزم رش الخرسانة بالماء الغزير كل يوم مرتين، ويجب أن يعمل ذلك بحيث أن تكون الخرسانة دائماً وبدون انقطاع مبللة بالماء لمدة 28 يوما.



شكل رقم (40): الشدات الخاصة بالأعمدة الخشبية.



شكل رقم (41): الشدة القائمة لفورمة السقف الخشبية.

9- عناصر المبنى الإنشائية (الأسقف):

استعمل الإنسان في تغليفه للفراغ منذ الخليقة مواد إنشائية متنوعة، وفي حدود إمكانياتها وإمكانياته أمكن تشكيلها ونقلها وتجميعها، فمثلا الحجارة المتباينة القوة في الضغط معدومة القوة في الشد وأفضل استعمال لها كحوائط وأعمدة وعقود، غير أنها ذات أحجام ضخمة وثقيلة الوزن وكبيرة العمق ككمرات صغيرة البحور وأعمدة متلاصقة، وقد تم استعمالها العمارة الفرعونية فجاءت تعبيرا عن طبيعة الحجر القوى في الإنضغاط والضعيف في الشد. وعندما استعمل الإنسان الخشب أو الحديد أو الصلب ككمرات أو جمالونات اتسعت البحور وبعدت الأعمدة والحوائط. وتسمى المواد أو الطرق الإنشائية السابقة بالوحدات الإنشائية الخطية (Linear Elements) وهي بحكم طبيعتها ذات طول أكبر كثيراً من عمقها وعرضها، والحمل الواقع على الكمرة ينتقل إلى الأعمدة خلال محور الكمرة.

ولكن بظهور الخرسانة المسلحة ازدادت إمكانيات تنفيذ الوحدات الإنشائية السطحية (Surface Elements) وهي ذات إمكانيات في تحمل قوى الإنضغاط والشد في اتجاهين.

والفرق بين الوحدات الخطية والسطحية أن الأولى ذات تماسك واستمرار مادي في اتجاه واحد، في حين أن التماسك والاستمرار المادي في الثانية ذو اتجاهين.

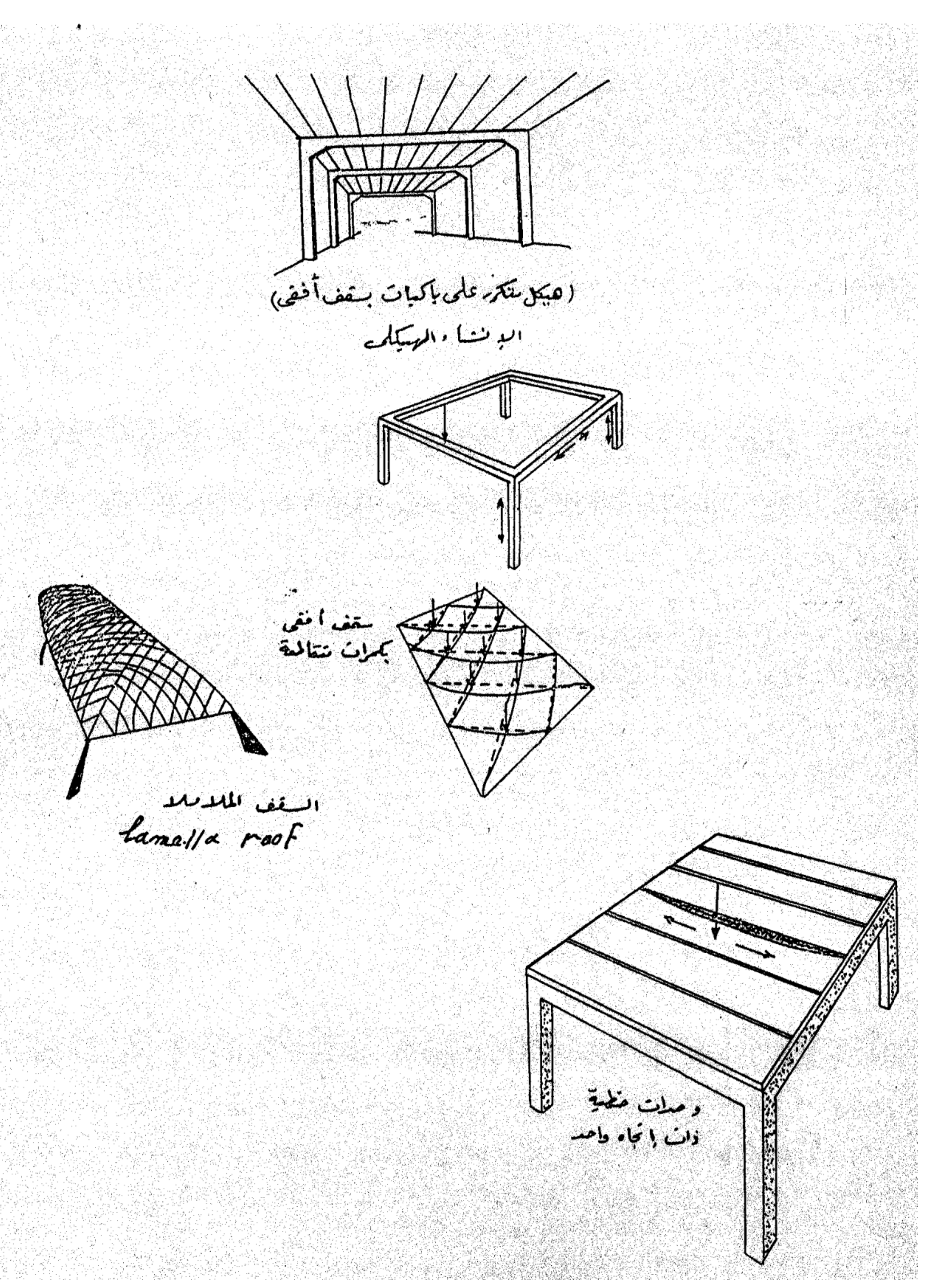
9-1- التكوينات بالوحدات الخطية Linear Structural Arrangement

الوحدات الخطية في هذه التكوينات تؤلف الهيكل الإنشائي، وتضاف إليها فيما بعد المسطحات المغلفة لها كالبلاطات أو الحوائط وهي إضافات لا تسهم في تقوية المنشأ بأكمله بل على النقيض تكون في ذاتها أحمالا إضافية ميتة، أنظر شكل رقم (42).

9-1-1- منشآت العمود والكمرة Post and Lintel Structures

يعتبر العمود وحدة رأسية مضغوطة بالكمرة حيث تتعرض لقوى أفقية نتيجة للرياح، ومقاومتها تتأتى من كتلتها في حالة الأعمدة الحجرية ومن إمكانية مقاومتها الانحناء في حالة الخشب والحديد والخرسانة. أما الكمرات الرئيسية في هذه الحالة معرضة لعزوم انحناء كبيرة وخاصة بالنسبة للبحور الواسعة مما يتطلب استعمال أعماق كبيرة للكمرات إلا في حالة استعمال كمرات سابقة الإجهاد. والكمرات الرئيسية ليس بينها وبين الكمرات الفرعية والبلاطات والأعمدة أي استمرار مادي.

وتعتبر الوحدات سابقة التجهيز من الوحدات المستخدمة في مثل هذا النوع من التكوين مثل البلاطات والكمرات الثانوية والرئيسية والروافد والبلوكات الخرسانية، غير انه ممكن إعطاء هذه الوحدات تماسكاً جزئياً عند التجميع يتأتى بالجمع بين سبق التجهيز والصب في الموقع.



شكل رقم (42) التكوينات الإنشائية بالوحدات الخطية

9-1-2- الإنشاء الهيكلي Framed Construction

تتغير الاجهادات في العمود والكمرة إذا توافر الاستمرار المادي بينهما أي وجود وصلة ثابتة بينهما، وهنا يتكون الهيكل الخطى وهو أقوى من العمود والكمرة في تحمل القوى الرأسية والأفقية، وفي الهيكل المتماسك يتعرض العمود والكمرة للانحناء ويتولد فيها عزوم انحناء وهنا يكون للكمرة نهايتان ثابتتان وتتعرض لعزوم انحناء.

ومن مميزات الاستمرار المادي أنه يمكن أن يتضاعف بتكرار باكيات الهيكل رأسياً وأفقياً حيث تستمر هندسياً كمرة متماسكة مع عدة أعمدة وتتحد جميع الباكيات مع جميع الأعمدة في مقاومة أي حمل رأسي أو أفقي يقع على إحدى الباكيات.

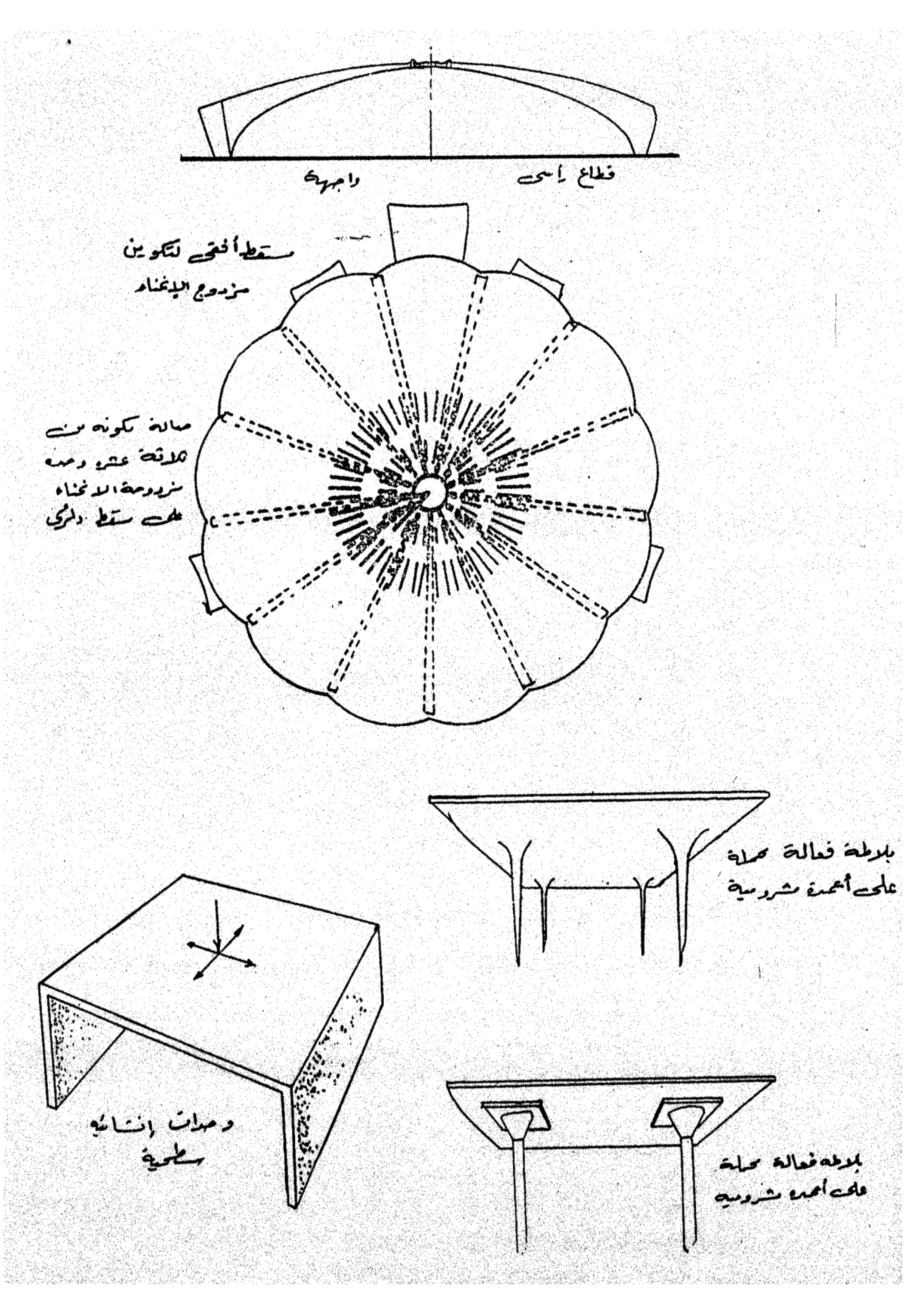
9-2- التكوينات بالأسطح الإنشائية الفعالة: Surface-Resistant Structural Forms

في السقف المكون من شبكة متعامدة من الكمرات المتماسكة في نقط تقابلها ينتج عن الأحمال الموضوعة على كمرة من الكمرات والمسببة لهبوطها حركة التواء في الكمرات المتعامدة، أي أن الهبوط الناتج عن عزوم الانحناء في اتجاه يسبب دورانا التوائيا Twisting Rotation على كمرات الاتجاه الآخر، ومن ثم فإن الاستمرار المادي بين الكمرات المتعامدة يسبب اشتراك الكمرات في اتجاهين في مقاومة الأحمال بدلا من مقاومة الأحمال عن طريق كمرة واحدة في اتجاه واحد، ومن ذلك يتضح مدى قوة الأسطح الإنشائية الفعالة التي هي عبارة عن شرائط متعامدة تعمل في اتجاهين عند كل نقطة فيها، أنظر شكل رقم (43).

9-2-1- الأسطح المستوية:

البلاطة الخرسانية سطح متماسك ذو عمق صغير وأي شريط من البلاطة موازى لضلع من المسطح يمكن اعتباره كمرة تعمل في اتجاه واحد وأي شريط متعامد على الشريط الأول يمكن اعتباره كمرة متماسكة مع الأولى أي أن الانحناء الأول يولد التواء في الثاني والبلاطة تعمل كمجموعة من الشرائط ملحومة الواحدة في الأخرى تهبط وتلتوي في أي نقطة. وتلك البلاطات يمكن أن تحمل على أعمدة والاتصال بين العمود والبلاطة يولد اجهادات قص Punching Shear وهذه قد تتطلب رؤوس مشرومية للأعمدة.

وباستعمال الخرسانة المسلحة يسهل الحصول على الاستمرار المادي بين الحوائط والبلاطات المسطحة فيكونان معا هياكل إنشائية صندوقية تسهم أجزاؤها في زيادة متانة المجموع، وهذا تكوين بالأسطح يناظر التكوين الهيكلي بالخطوط، ويسمى بإنشاء الحوائط المتقاطعة.



شكل رقم (43) التكوينات بالسطح الإنشائية الفعالة

9-2-2- الصدفات القشرية المنحنية Curved Thin Shells

النوع السابق من البلاطات هي مسطحات ذات سمك كاف يجعلها مقاومة للانحناء ومن ثم فهي تقاوم الأحمال عن طريق اجهادات انحناء واجهادات قص والتواء في الاتجاهين، بينما حالة البلاطات الغشائية تنعدم فيها أي مقاومة للانحناء نتيجة لسمكها الرفيع، ومن ثم تختفي اجهادات الانحناء متحولة إلى اجهادات شد توزع بانتظام على قطاع البلاطة الغشائية كله الذي يعمل بكامل إمكانياته وبأقصى كفاية إنشائية، ومثال ذلك قوة قطعة من القماش أو البلاستيك الرقيق المشدودة من جوانبها ومدى تحملها للأوزان الضخمة الواقعة على سطحها وذلك نتيجة لتحول الأحمال على قطاعها إلى أحمال شد وإلى اجهادات قص في نفس مستواها على شرط ألا تتبعج قطعة القماش.

وتعتبر الأغشية عامة غير مهيأة بحكم رقتها لتحمل أي اجهادات انضغاط، مثل هذا الغشاء إذا ما تم تنفيذه من مادة متماسكة تتحمل الضغط والشد يسمى بالصدفة القشرية Thin Shell وفيها تتلافى كل عيوب الأغشية مع الاحتفاظ بأغلب مميزاتها، هذه الصدفات رفيعة بحيث تعجز عن أي اجهادات انحناء ولكنها بسمك كافي بحيث تقاوم الأحمال الواقعة عليها باجهادات انضغاط وقص وشد، وكفايتها ترجع إلى انحناءها ومقاومتها للالتواء، فالانحناءات تجسيم للاستمرار الهندسى على مستويات مختلفة، ومقاومة الالتواء ناتجة عن الاستمرار المادي لمادة تتحمل الضغط والشد، والانحناءات قد تكون مفردة Single Curvature وهذه تظهر خطا مستقيما يقطعها على محورها وأقصى انحناء بالنسبة للمستوى القاطع العمودى، وقد تكون مزدوجة Double Curvature وهذه تظهر منحنياً يقطعها على محورها ومنحنياً آخر بالنسبة للمستوى العمودي.

9-3- طرق تغطية الأسقف:

يمكن تقسيم الأسقف من حيث المواد الداخلة في إنشائها إلى ثلاثة أنواع كالآتي:

- الأسقف الخشبية.
- الأسقف الحديدية.
- الأسقف الخرسانية.

9-3-1- الأسقف الخشبية:

تنقسم الأسقف الخشبية بوجه عام إلى أسقف خشبية مستقيمة وأسقف خشبية مائلة، وسوف نتعرض إلى الأسقف المستقيمة على اعتبار أنها أبسط أنواع الأسقف الخشبية، أنظر الشكلين رقمي (44)، (45).

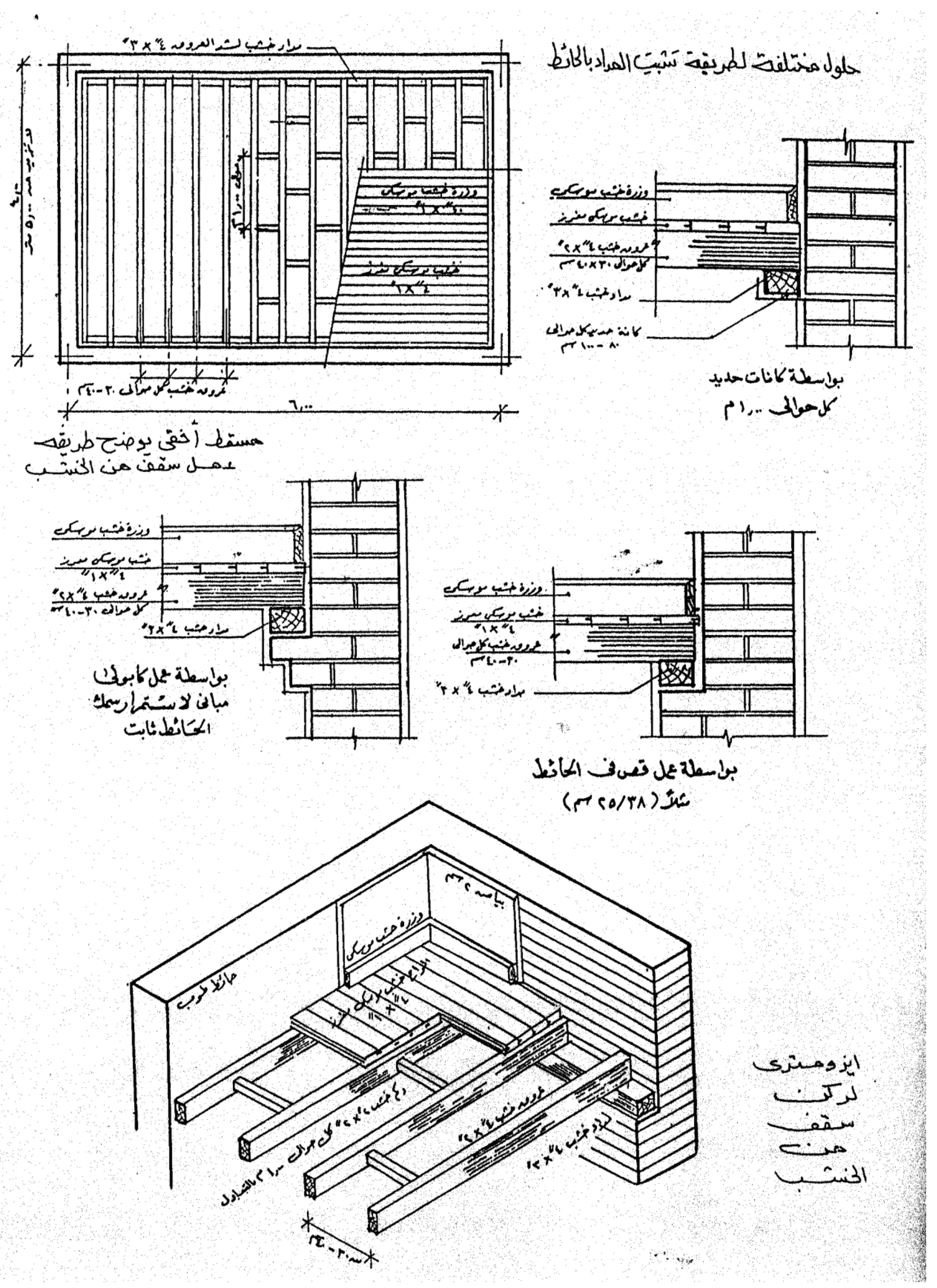
تنفذ الأسقف الخشبية المستقيمة من عروق خشبية تختلف قطاعاتها حسب عرض الغرفة المراد تغطيتها، وتبعد العروق بعضها عن بعض بمقدار من 30–40 سم وترتكز على الحوائط مباشرة في اتجاه عرض الغرفة (سقف خشب مفرد).

أما إذا كانت مساحة الغرفة أو الفراغ المراد تغطيتها كبيرة وطولها يزيد عن 5.00 متر لدرجة تستلزم أن تكون العروق الخشبية ذات قطاعات كبيرة فتوضع كمرة خشبية ذات قطاع كبير في منتصف الغرفة في اتجاه عرض الغرفة لتحمل العروق الخشبية عليها (سقف خشب مزدوج)، و يمكن وضع أكثر من كمرة خشبية في الغرفة بحسب طولها بحيث لا تتعدى طول العروق عن حوالي 4.50 متر.

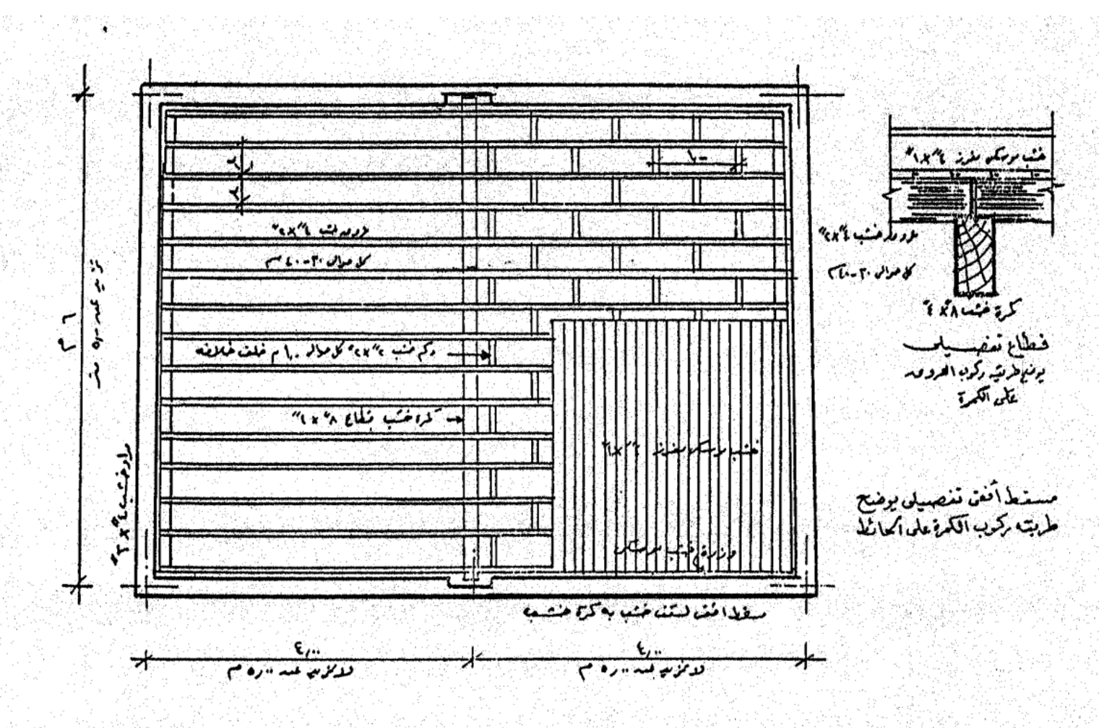
9-3-1-1- تثبيت الكمرة و العروق والمداد:

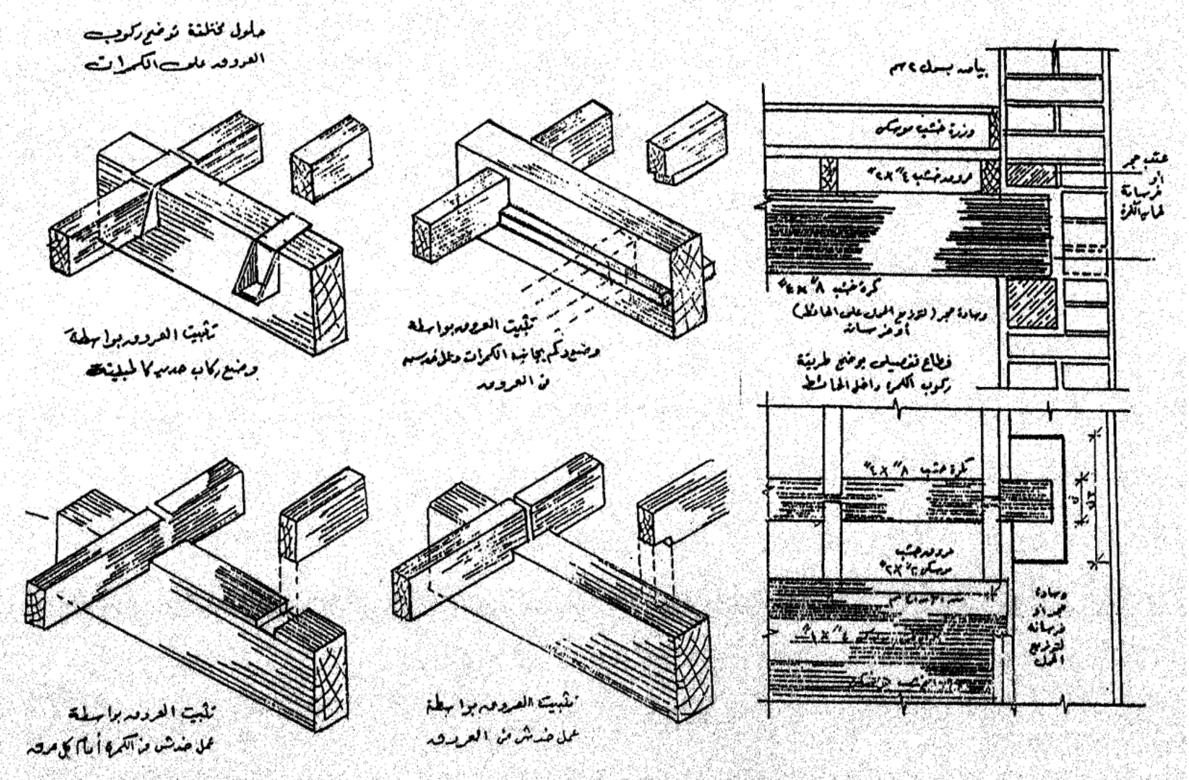
توضع الكمرة على وسادة من الحجر أو على خرسانة مسلحة داخل الحائط. تثبت العروق ناحية الحوائط على مداد من الخشب بينما تثبت العروق على الكمرات الخشبية بالتعشيق أو بكانات حديد خاصة.

يثبت المداد في الحائط بواسطة كانات حديد كل حوالي 1.20 متر، أو يثبت على قص في المباني (من مباني 38 سم إلى مباني 25 سم)، أو يثبت المداد على بروز يعمل في المباني بعرض لا يقل عن 12 سم.



شكل رقم (44) مسقط أفقي وقطاعات تفصيلية لسقف خشب مفرد





شكل رقم (45) مسقط أفقي وقطاعات تفصيلية لسقف خشب مزدوج

9-3-2- الأسقف الحديدية:

هي إما أن تكون من النوع المفرد (الأكثر شيوعاً) أو تكون من النوع المزدوج، وتوضع الكمرات الحديدية في اتجاه البحر الأصغر للسقف ويفضل أن تكون اتجاهها ثابت لسقف المبنى الواحد في جميع الفراغات حتى تعمل كرباط للحوائط أيضا، أنظر شكل رقم (46).

9-3-2-1- السقف المفرد من الحديد:

يكون عرض (بحر) السقف (أ) لا يزيد عن 6.00 متر على أن تكون المسافة بين الكمرة الحديد والأخرى من 50 . 80 سم.

9-3-2-2- السقف المزدوج من الحديد:

عندما يكون بحر السقف (أ) أكبر من 6.00 متر والاتجاه الطولي للسقف (ب) أكبر من (أ)، في هذه الحالة تستعمل رابطة (رافدة) Girder حيث تقسم البحر إلى قسمين أو أكثر وهذه الرافدة تكون إما كمرة أو إطار أو جمالون أيهما أرخص وأنسب وبذلك يمكن تقليل البحر.

ويمكن تشكيل الأسقف الحديدية بطرق مختلفة، وتشكل معظمها باستعمال الخرسانة المسلحة بين الكمرات الحديد، أو عقود المباني فوقها خرسانة عادية، أو بلوكات فخار محروق وفوقها 5 سم خرسانة عادية، وفي حالة السقف المزدوج يمكن جعل الرابطة أو الرافدة كمرات حديدية تدخل بعضها في بعض لتعطى سطحا أفقيا يعلو الرافدة.

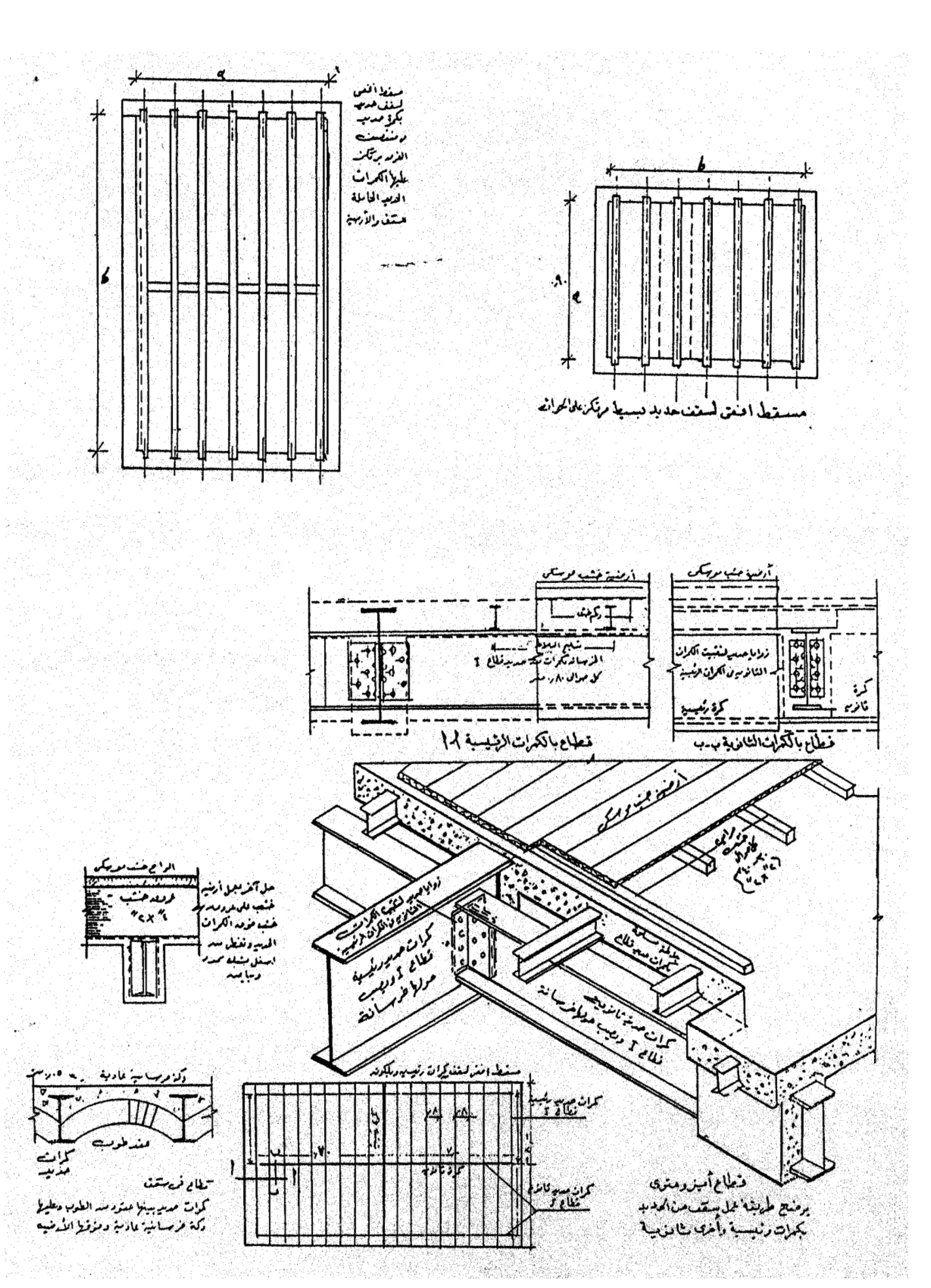
9-3-3- الأسقف الخرسانية:

من أهم أنواع الأسقف الخرسانية الآتي ، أنظر شكل رقم (47):

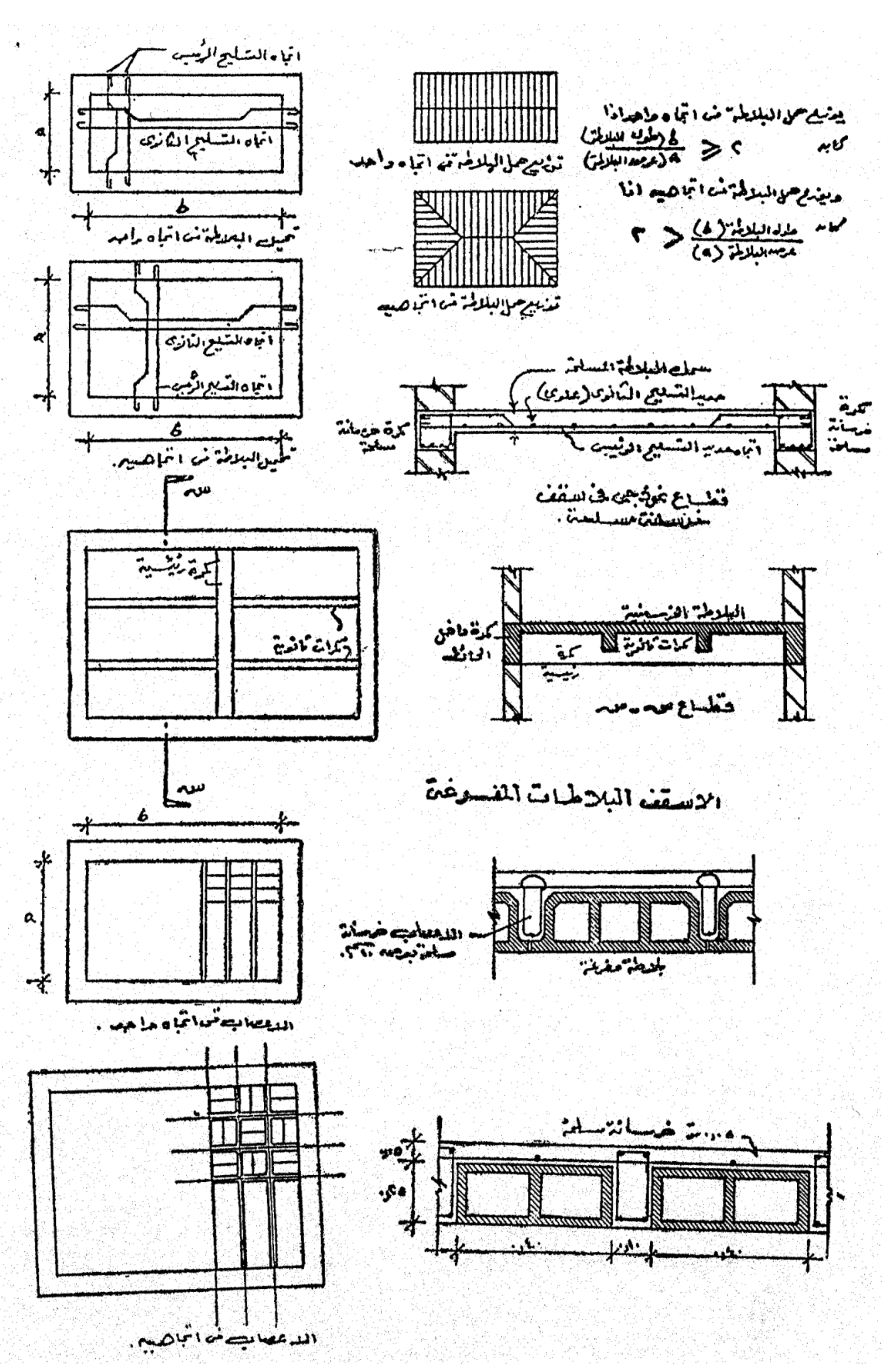
- البلاطات المصمتة أو الصماء المحمولة على كمرات ومصبوبة معها.
- البلاطات المفرغة.
- الأسقف السابقة الصب والتجهيز.

9-3-3-1- البلاطات المصمتة أو الصماء المحمولة على كمرات ومصبوبة معها:

البلاطات الخرسانة المسلحة والتي تكون الأسقف يجب أن تحمل على كمرات أو ميد رابطة فوق الحائط في حالة الإنشاء بطريقة الحوائط الحاملة، أما في حالة في الإنشاء الهيكلي فالأسقف تحمل على كمرات تصل من الأعمدة الحاملة، أي أن الأحمال تصل من البلاطات إلى كمرات الرباط إلى الحوائط إلى الأساسات في حالة الحوائط الحاملة أو أن الأحمال تصل من البلاطات إلى الكمرات إلى الأعمدة إلى الأساسات في الإنشاء الهيكلي. وتنقسم البلاطات من حيث تصميمها إلى بلاطات الاتجاه الواحد والبلاطات في الاتجاهين.



شكل رقم (46) الأسقف الحديدية



شكل رقم (47) الأسقف الخرسانية

9-3-3-1-1- بلاطات الاتجاه الواحد:

وفيها يكون طول البلاطة يساوى ضعف عرضها أو يزيد، وفي هذه الحالة ينتقل كل الحمل إلى الكمرات عن طريق البحر الأصغر للبلاطة Smaller Span ويكون التسليح الرئيسي للبلاطة في اتجاه البحر الأصغر لها ويوضع تسليح ثانوي في الاتجاه الطويل ويتراوح بين 25 – 30% من التسليح الرئيسي، وقد تكون البلاطة مستمرة أو حرة الارتكاز Freely Supported وتحدد المواصفات السمك الأدنى للبلاطة يساوى البحر الأصغر مقسوم على 44 والبلاطة الحرة الارتكاز تساوى البحر الأصغر مقسوم على 35 على ألا يقل السمك العملي للبلاطة عن 8 سم.

تسلح البلاطة عموما بشبكة في الاتجاه الطولي والعرضي من حديد التسليح مختلفة الأقطار والمسافات بين الأسياخ طبقاً للتصميم الإنشائي.

يجب أن يراعى في تسليح البلاطة الآتي:

- أن يرتب التسليح بحيث يغطى كافة مناطق الشد.
- ألا تزيد المسافة بين أسياخ التسليح الرئيسي عن 1.5 سمك البلاطة بحيث لا تتعدى 20 سم، ولكن يسمح باستخدام عدد 6 أسياخ في المتر في البلاطات التي سمكها 10 سم أو أقل.
- يجب ألا يقل التسليح الثانوي عن 1|5 التسليح الرئيسي وبحد أدنى عدد 4 أسياخ قطر 1|4 بوصة لكل متر.
- يكسح التسليح الثانوي والرئيسي في خمس بحر كل سيخ (سيخ مكسح وسيخ عدل).

9-3-3-1-2- البلاطات في الاتجاهين:

وفيها يكون طول البلاطة أقل من ضعف عرضها، وفي هذه الحالة يوزع الحمل على البلاطة في اتجاهين، اتجاه رئيسي يكون في اتجاه البحر الأصغر واتجاه ثانوى يكون في اتجاه البحر الأكبر للبلاطة، وهناك مواصفات لتوزيع الأحمال في كل من الاتجاهين ومنها يمكن حساب العزوم التي يتعرض لها كل من الاتجاهين وكذلك حساب التسليح بكل اتجاه والسمك الأدنى للبلاطات. وتحدد المواصفات أن السمك الأدنى للبلاطة المستمرة يساوى البحر الأصغر مقسوم على 60 وللبلاطة الحرة الارتكاز يساوى البحر الأصغر مقسوم على 50 ويجب ألا يقل التسليح في الاتجاه الثانوي عن 25% من التسليح الرئيسى وألا يقل عن عدد 5 أسياخ قطر 10مم كل متر، ويجب أن تراعى نفس شروط التسليح السابق ذكرها في البلاطات ذات الاتجاه الواحد.

9-3-3-1-3- طريقة تحميل الكمرات:

إذا زاد سمك البلاطة في حالة البحور الكبيرة بحيث أصبح غير اقتصادي يمكن تقسيمها إلى بجور أصغر باستعمال مجموعة من الكمرات الحاملة سواء في حالة البلاطة ذات اتجاه واحد أو البلاطة ذات الاتجاهين وذلك بإحدى الطرق الآتية:

- إضافة كمرة في الوسط.
- إضافة كمرة رئيسية في اتجاه البحر الأصغر وكمرات ثانوية في اتجاه البحر الأكبر.
- استعمال طريقة الكمرات المترابطة ذات العمق الثابت، وفيها تقسم بلاطة السقف إلى بانوهات شبه مربعة وتكون الكمرات جميعاً بعمق واحد ومترابطة مع بعضها، ويشترط أن يكون التسليح الكمرات مستمرا وإلا أضطر إلى وصل أسياخ التسليح بمسافة 40 مرة قطر السيخ وأن تنتهي الأسياخ فوق الكمرات الحاملة بكامل عرضها.

9-3-3-1-4- البلاطات المسطحة (اللامركزية):

يقصد بالبلاطات المسطحة أي البلاطات الصماء من الخرسانة الخالية من الكمرات.

9-3-3-2- البلاطات المفرغة:

تتحمل الخرسانة عموما قوى الضغط بأمان ولكنها لا تتحمل قوى الشد، ويوضع التسليح في البلاطات والكمرات بحيث يغطى مناطق الشد في الكمرة أو البلاطة، وينشأ السقف أولا برص البلاطات المفرغة على شدة خشبية خاصة (نصف كاملة) ويوضع التسليح في الأعصاب سواء كانت في الاتجاهين أو في اتجاه واحد ثم تعمل شبكة من التسليح فوق البلاطات وتصب الخرسانة في الأعصاب أولا ثم تصب بسمك 5 سم فوق البلاطات المفرغة والبلوكات. وعندما يزيد سمك البلوك يقل حديد التسليح الرئيسي وتعمل بجوار الكمرات الحاملة للسقف مناطق مصمتة. ومن أهم مميزات البلاطات المفرغة العزل الحراري والصوتي، علاوة على وزنها الخفيف.

وتنقسم البلاطات المفرغة إلى نوعين هما: بلاطات مفرغة مكونة من بلوكات الاتجاه الواحد، وبلاطات مفرغة مكونة في الاتجاهين.

9-3-3-3- الأسقف السابقة الصب والتجهيز:

وهي إما من الخرسانة العادية أو الخرسانة المسلحة السابقة الإجهاد. قد يتكون هذا النوع من كمرات من الخرسانة المسلحة السابقة التجهيز بين بلوكات مفرغة أو بلاطات من الخرسانة المسلحة سابقة التجهيز (تكون من كمرات مفرغة من الخرسانة المسلحة السابقة التجهيز)، وعندما يزيد بحور هذه الكمرات فيمكن استعمال الكمرات السابقة التجهيز من الخرسانة السابقة الإجهاد.

10- مواد العزل واستعمالاتها:

يؤثر على المبنى كهيكل إنشائي ثلاثة عوامل هامة وهي:

- الرطوبة
- الحرارة
- الصوت

10-1- الرطوبة:

الرطوبة بجميع صورها من العوامل الهامة التي تؤثر على كيان المبنى وتعرضه لتلف عناصره الإنشائية والبنائية، مما يؤدي إلى قصر عمر حياة المبنى بخلاف تعفن هذه المواد وصدور روائح كريهة منها الأمر الذى له التأثير السيئ على صحة مستخدمي المبنى سواء كان مبنى سكنى أو مبنى إداري أو عام، بالإضافة إلى تأثير الرطوبة على ما يحتويه المبنى من أثاثات وأجهزة. وعلى ذلك تحتاج جميع المنشآت إلى عزل مبانيها عزلا تاما من الرطوبة ومياه المطر والمياه الجوفية والسطحية، وذلك بوقاية المباني من الرطوبة بواسطة مواد واقية وعازلة للرطوبة. وعلى المهندس المعماري أن يضع هذا في اعتباره عند وضع تصميم المبنى حسب ظروف الموقع المقام عليه المبنى.

10-1-1- أسباب الرطوبة:

يأتي تأثير الرطوبة غالبا من العوامل الآتية:

- توجيه المبنى، فالحوائط التى يصلها طرطشة دائمة من المطر وقليل من أشعة الشمس تجعلها رطبة، وعلى ذلك نجد أن توجيه المبنى يلعب دورا كبيرا فى طريقة عزل المبنى من الرطوبة.
- رطوبة الأرض، وهي الرطوبة المتسربة من الأرض إلى المباني عن طريق رطوبة التربة من المياه الجوفية أو المياه السطحية السطحية.
- الأمطار، سواء الساقطة على الحوائط أو الأسطح، وتمثل مياه الأمطار خطورة على المبانى الغير مجهزة بموانع للرطوبة نظرا لقدرة المياه على الاختراق المباشر لسقف المبنى وعناصره المختلفة.
- الجليد والصقيع، يحدث شروخاً في المباني والطوب.
- الرياح الباردة والمشبعة بالرطوبة الجوية.
- تغييرات درجات الحرارة، التبريد الفجائي والتغير السريع في درجة الحرارة أثناء الليل بينما تكون الأسطح المباني متأثرة بحرارة الشمس طوال اليوم.

- المياه المتسربة من التوصيلات الصحية إلى الأسقف والحوائط نتيجة لعدم إتقان هذه الأعمال، مثل تقفيلات وصلات السقف والطبانة وجلسات الشبابيك والأجهزة الصحية.

10-1-2- أشكال الرطوبة:

وتصل الرطوبة إلى المباني في ثلاثة صور هي كالآتي:

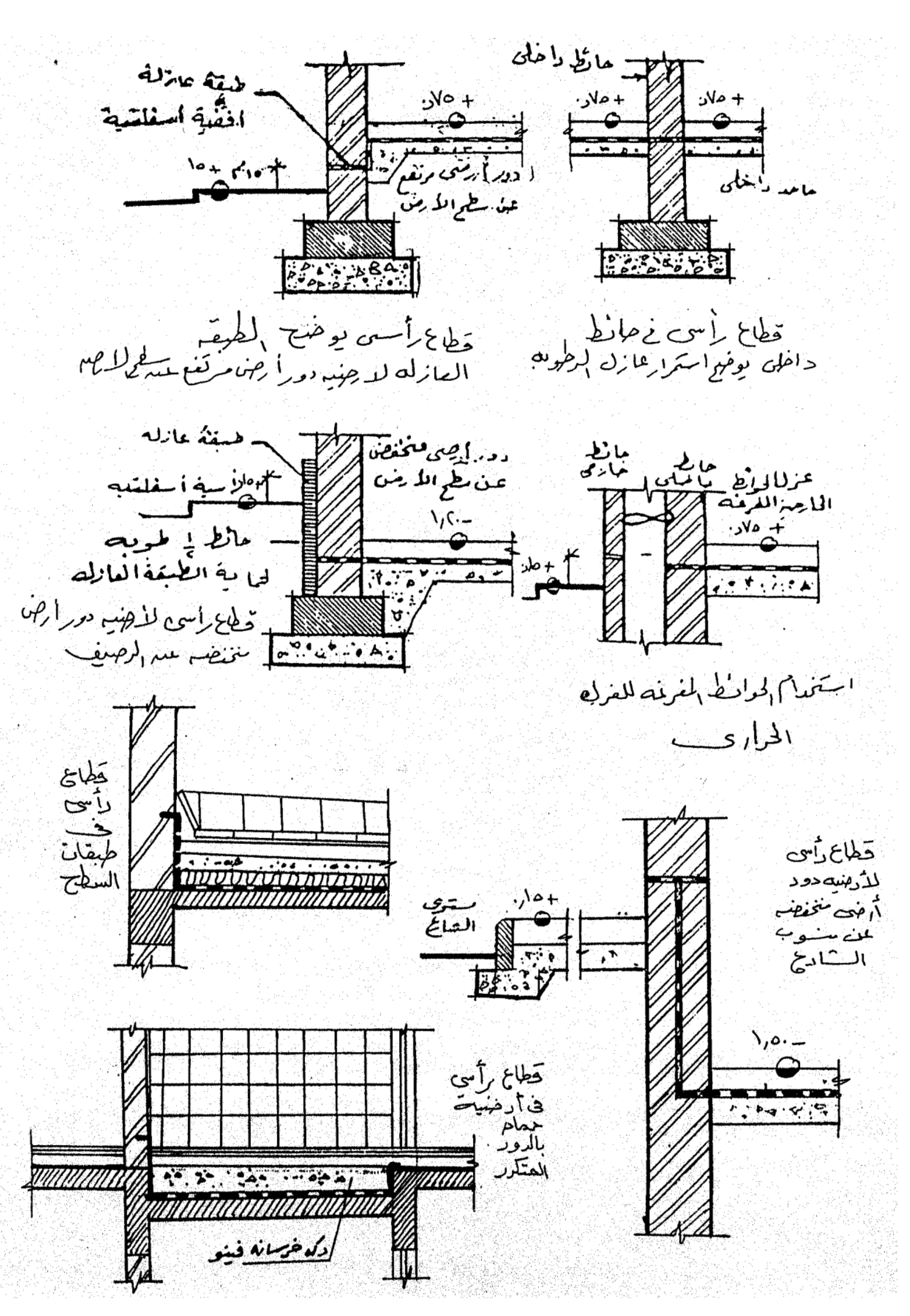
- رطوبة صاعدة من أسفل إلى أعلى: وهي المتسربة من الأرض بخاصية الامتصاص الشعري للطبقات الأرضية مثل ما تتعرض له مباني الأساسات (الحوائط التي تحت حطة الردم) وتعالج بوضع طبقة عازلة أفقية.
- الرطوبة (الأفقية) المؤثرة على الحوائط من الردم والتربة الداخلي والخارجي مثل حوائط البدرومات وفي هذه الحالة تعالج بوضع مادة عازلة رأسية.
- الرطوبة المؤثرة من أعلى إلى أسفل مثل الرطوبة الناتجة من سقوط الأمطار على الأسطح وطلسانات الدراوي، وفي هذه الحالة تعالج بوضع مادة عازلة أفقية ورأسية.

وتوضع المادة العازلة عموما لتحول دون وصول الرطوبة أو انتشارها أفقيا أو رأسيا إلى أجزاء المبنى، أنظر شكل رقم (48). كما تتأثر حوائط واجهات المبنى بالرطوبة التي تنشأ من تساقط الأمطار عليها ، ولذا كانت تبنى واجهات المباني في البلاد التي يكثر فيها المطر بالطوب المزجج كما تكحل عراميس المباني الأفقية والرأسية (بعد تفريغها بعمق من 1 . 2 سم) بمونة أسمنتية بنسبة 1 : 2 أو 1 : 1 بعد ملئها بالمونة المذكورة يضغط عليها بواسطة آداه صغيرة تسمى المكواة وللكحلة صور مختلفة كما ذكرنا سابقا.

10-1-3- تأثير الرطوبة:

يمكن تلخيص تأثير الرطوبة على المباني كآلاتي:

- خلق حالة غير صحية للأفراد الذين يسكنون المبنى.
- إحداث تمليح لحوائط وأرضيات وأسقف المبنى.
- إحداث عدم تماسك البياض على المباني، وكذلك إحداث فصل لبوية الزيت من على المباني.
- عمل انحناء وتلف وضعف للأخشاب المستعملة في المبنى، بالإضافة إلى أنها تزيد من نشاط السوس والفطريات والبكتريا في أخشاب المبنى.
- الحديد المستعمل في المباني يكون عرضة للصدأ.
- تفسد التركيبات الكهربائية.
- تتلف جميع تكسيات الأرضيات والحوائط والأسقف.



شكل رقم (48) وضع الطبقة العزلة للرطوبة في المناسيب المختلفة لحماية الدور الأرضي

10-1-4- أنواع المواد العازلة للرطوبة:

هناك أنواع كثيرة من المواد العازلة للرطوبة (ويقدم العلم وتطبيقاته دائما الجديد في هذا المجال)، ويمكن حصرها في الآتي:

- ألواح الإردواز السميكة: وتلصق بمونة الأسمنت والرمل بنسبة 1 : 3 وتستخدم في الأسطح العازلة، وهي نادرة الاستعمال في مصر.
- القرميد (بلاطات): وهي تثبت على مراين خشبية فوق أسطح الجمالونات المائلة وتستعمل في الخارج بكثرة، وهي قليلة الاستعمال في مصر كمادة عازلة للرطوبة ولكن تستخدم لأغراض معمارية أكثرها إنشائية.
- ألواح الرصاص: توضع رأسية أو أفقية، وهي مادة قوية جداً تقاوم الرطوبة بدرجة كبيرة ومن أهم استعمالاتها تغطية الأسقف الكروية (القباب والقبوات) أو الأسطح الغير منتظمة وذلك لسهولة وإمكانية تشكيلها بالصور المطلوبة.
- الكالندرايف: عبارة عن لفات (شريط بعرض 2.00 متر تقريباً تصنع من الزفت المخلوط بالرمل بسمك حوالي 1|8 بوصة وتوضع فوق سمك الحوائط بسمك طبقة أو طبقتين وتلصق مع بعضها بالبيتومين وتستعمل في العزل الأفقي.
- الخيش المقطرن: مثل النوع السابق، حيث يغمر الخيش في الزفت ويرش عيه الرمل وهو بسمك حوالي من 3 . 5 مم ويوضع على طبقات.
- الأسفلت: عبارة عن البيتومين مخلوط بالرمل ويفرش على الحائط حاراً بسمك حوالي 1سم-2 سم.
- الزفت أو البيتومين: يستعمل كمادة عازلة رأسية فيدهن به الحوائط بعد تفريغها من اللحامات بعمق حوالي 1 : 2 سم ثلاثة اوجه على الأقل حتى يغطى جميع أسطح الحوائط المعرضة للرطوبة بسمك لا يقل عن 1|2 سم.

10-2- عزل الحرارة في المباني:

تقام المباني والمنشات لتؤدى وظائف محددة سواء خدمات عامة أو مصانع أو سكنية، وعند تصميم هذه المنشات يجب أن يراعى أن يكون جوها الداخلي أو الخارجي في بعض الأحيان مناسباً لتحقيق أغراضها على الوجه الأكمل، وفي البلاد الحارة والباردة على السواء ترتفع وتنخفض حرارة الجو الخارجي بشكل يؤثر تأثيراً على هذه المباني بحيث يجعلها في بعض الأحيان غير محققة لأغراضها على الإطلاق.

ولذا يجب على المهندس المصمم أن يأخذ في الاعتبار عند التصميم التحكم في المبنى سواء من ناحية التوجيه أو مواد البناء المستخدمة أو الحجم أو المساحة لتحقيق هذا الشرط وإمكانية ذلك يكون عن طريق وسيلتين:

- استغلال الطاقات الطبيعية: مثل الشمس والهواء والألوان وخواص المواد الطبيعية.
- استخدام الطرق والمواد الصناعية: وهي الطبقة العازلة.

وقديما حيث أنشأت المباني بطريقة الحوائط الحاملة اعتمد الإنسان على سمك الحوائط وتقليل الفتحات للعزل داخل المبنى عن الجو الخارجي، وفي البلاد الشديدة البرودة جهزت المباني بالمدافئ التي استخدم فيها الخشب والفحم، بينما في البلاد الشديدة الحرارة استخدم الإنسان أسلوب "الملقف" والترطيب الداخلي بواسطة النافورات أو المساحات الكبيرة المظللة مثل البواكي في الشوارع، وكلا الطريقتين مكلف ربما لا يكون متوافراً مثل الفحم أو يخضع للظروف الجوية.

أما في العصر الحديث فقد اعتاد الإنسان على الأساليب العلمية الحديثة باستخدام الكهرباء مثلاً سواء في التبريد أو التدفئة، أو على مواد الإنشاء والعزل الصناعية.

10-2-1- انتقال الحرارة وطرقها:

عندما يكون هناك فرق في درجة الحرارة بين حيزين فان الحرارة تنتقل من الحيز ذو الحرارة الأعلى إلى الحيز ذو الحرارة الأقل حتى تتعادل درجة حرارة الحيزين، وعلى ذلك فان الحرارة تنتقل تلقائياً من داخل المباني إلى خارجها أو العكس حيث الحيز الدافئ إلى الحيز البارد وذلك عن طريق الحوائط والأسقف والأرضيات ويتم ذلك عملياً بثلاث طرق وهي التوصيل أو الحمل أو الإشعاع، وقد يكون ذلك مجتمعاً في حالة واحدة.

10-2-1-1- التوصيل:

وهو الانتقال المباشر للحرارة خلال المادة، ويعتمد معدل التوصيل على كثافة المادة والتوصيل الحراري لها، لذلك فان التوصيل الحراري مثلاً بالنسبة للمعادن عالى، بينما بالنسبة للخشب منخفض، أما الهواء فهو موصل جيد للحرارة. وتعتبر الحوائط المفرغة عازلة جيدة للحرارة والرطوبة.

10-2-1-2- الحمل:

تنتقل الحرارة بواسطة الحمل في السوائل والغازات كنتيجة للحركة، وعلى سبيل المثال عندما يسخن الهواء فانه يتمدد ويصبح أقل كثافة فيرتفع إلى أعلى ويحل محله الهواء البارد. وبحركة الهواء تنتقل الحرارة من حيز إلى آخر وبزيادة حركته يزيد معدل انتقالها، ولذلك عندما يستخدم حيز هوائي كعازل للحرارة مثل الحوائط المفرغة فانه يجب مراعاة ألا يكون في هذا الحيز معرض تيارات هوائية.

10-2-1-3- الإشعاع:

تنتقل الحرارة بالإشعاع ومثال ذلك ارتفاع درجة حرارة زجاج المصباح الكهربائي بالرغم من وجود فراغ بين الزجاج والفتيل المتوهج، فالإشعاع الحراري شبيه بالضوء من ناحية إمكانية عكسه جزئياً بسطح لامع أو فاتح اللون، وعلى ذلك يمكن تقليل امتصاص الحوائط مباني للحرارة عن طريق الإشعاع الحراري بجعل هذه الأسطح لامعة عاكسة أو دهانها باللون الأبيض (ومثال ذلك بلاد اليونان ومباني النوبة ومدينة جدة بالسعودية)، وعلى العكس فالأسطح الغامقة اللون تمتص الحرارة ولا تعكسها.

10-2-2- أنواع المواد العازلة للحرارة:

من أهم المواد العازلة للحرارة ما يأتي:

- خرسانة عازلة: وهي خرسانة خفيفة بها فراغات هوائية وتحتوى على الحجر الخفاف أو الجلخ، وتستخدم بصبها بين الحوائط المفرغة أو تصب على هيئة فرشة تحت بلاط الأسطح.
- الألواح والبلاطات العازلة: تتكون من مواد عازلة متماسكة مع بعضها بمادة لاصقة، ومثال ذلك نشارة الخشب والقش المضغوط والفلين، وهذه الألواح تثبت في الحائط رأسياً بالمسمار أو اللصق وتعمل كسطح نهائي للحوائط والأسقف أي تبدو ظاهرة أو توضع تحت الأسطح مثل الإسبستس.
- المواد المالئة: وهي مواد عازلة يمكن صبها أو تملأ بها الفراغات بين الحوائط أو تفرش على الأسطح والأرضيات بين العوارض الخشبية، مثل أجزاء الفلين وألياف الزجاج.
- مواد عاكسة: كرقائق الألمونيوم، وتستخدم في الأسطح لعكس الحرارة مثل الجمالونات، ولكن تراكم الأوساخ عليها يقلل من فاعليتها.
- البياض والدهانات العازلة للحرارة: كل ما هو ناتج منها عازل حرارة، وقد يحتوى البياض على حصوات من مادة عازلة للحرارة مثل الفيرميكوليت.

10-3- عزل الصوت في المباني:

من وسائل التصميم المعماري والإنشائي المختلفة للتحكم أو إمكانية التغلب على صدى الصوت الناتج من الحديث (الكلام) والحركة وخلافه الآتي:

- عمل كسرات في أسطح ومستويات الحوائط سواء الرأسية أو الأفقية (الأسطح) لعكس موجات الصوت والتغلب على صدى الصوت.
- بناء الحوائط ولصق ألواح من مواد مختلفة تمتص الحرارة ولا يجعل له أي صدى.
- فصل الأماكن عن بعضها بواسطة عمل طرقات (مثال ذلك يمكن عزل صالات المحاضرات عن ضوضاء الشارع بعمل طرقات حول الصالة تعمل كعازل للحركة في الخارج.

- بواسطة الحوائط المفرغة التي تملأ في بعض الأحيان بالمواد الصناعية الرديئة التوصيل للصوت.

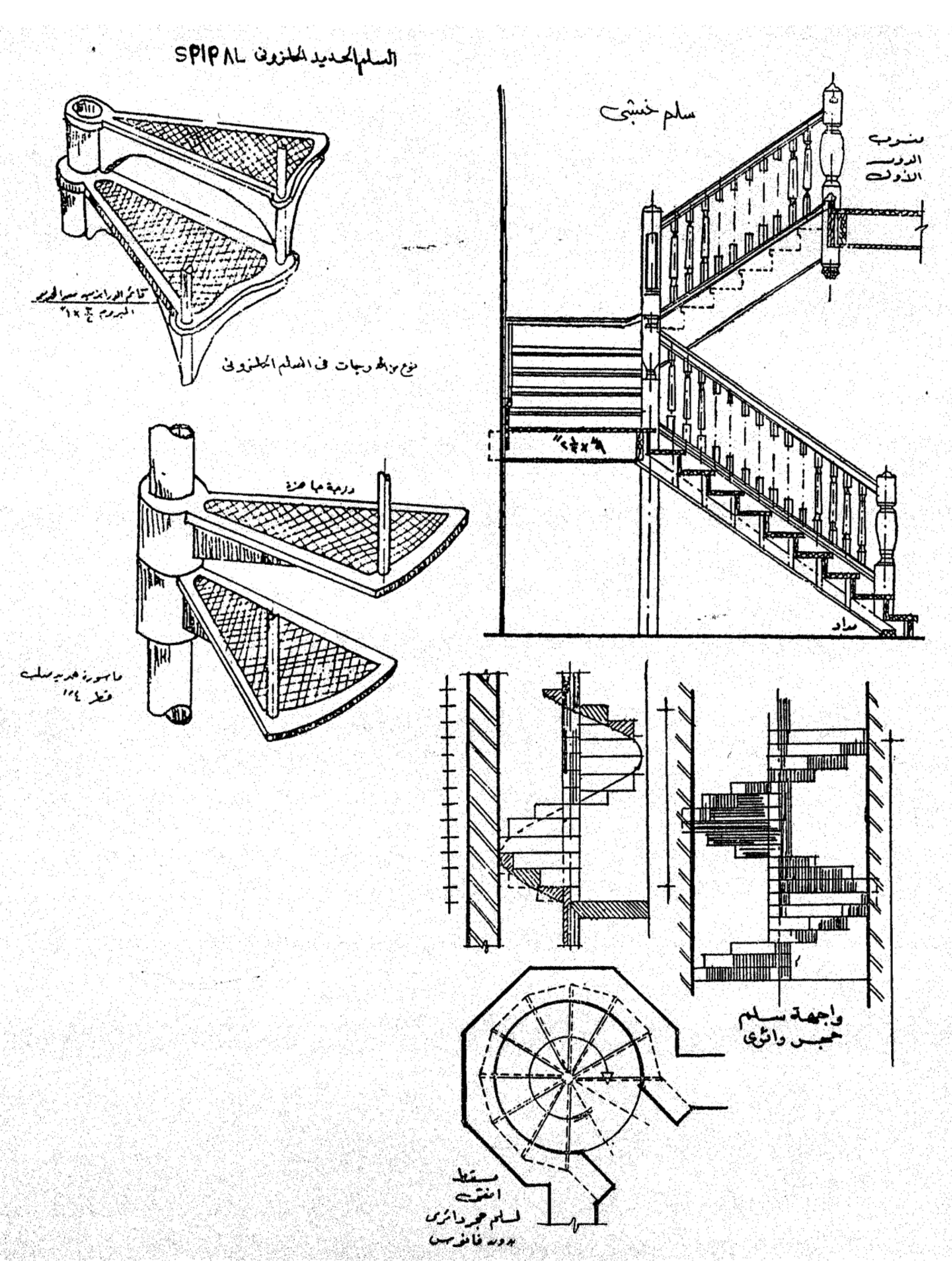
10-3-1- أنواع المواد العازلة للصوت:

من أهم المواد المستخدمة لعزل الصوت الآتي:

- مربعات الجبس المخرم للحوائط وللأسقف: تنفذ الترابيع بسمك 3 سم عند الحواف و 11 مم لباقي أسطح الترابيع داخل الحواف مع ملء الفراغ بالصوف الزجاجي أو الإسبستس.
- طبقة من الإسبستس: ترش بواسطة ماكينة كبس مخصوصة لهذا الغرض مع الدق والمحارة لإستعدال السطح، ويتوقف السمك حسب درجات الامتصاص فكلما زاد السمك زاد الامتصاص، ويبدأ السمك من 1|2 إلى 2 بوصة.
- العزل بواسطة الصوف الزجاجي: تثبت مراين من الخشب بعد دهانها بالبيتومين حيث تكون مربعات ويحبش عليها بالصوف الزجاجي.
- بياض مانع للصوت للحوائط والأسقف: يتكون من بطانة بسمك لا يقل عن 3 سم بمونة الجبس المعجون بماء الجير وتعمل فوقها الطرطشة بالماكينة بمونة من جزء بودرة اسبستس وجزء ونصف موريتا.

11- السلالم:

السلم هو المنشأ الذي يوصل من مستو إلى آخر أعلاه أو أسفله بدرجات ويصعد عليه الراجلين. وتعرف السلالم أيضا بأنها مجموعة من الدرجات وضعت بترتيب لوصل الأدوار المختلفة فى المبنى. وتستعمل مواد كثيرة لتشييد السلالم مثل الطوب أو الحجر أو الخشب أو الحديد أو الخرسانة أو البلاستيك، وفى بعض الحالات تكسى السلالم بالرخام أو التراتزو أو أى تشطيبات أخرى، أنظر شكل رقم (49). وقبل الاستطراد في شرح السلم يجب التعرف أولا على مسميات العناصر والأجزاء المختلفة التي يتكون منها السلم.



شكل رقم (49) أنواع السلالم طبقا لمادة الصنع

11-1- تعاريف:

للتعريف بالسلالم يجب التعرف أولا على مجموعة من الاصطلاحات والتعاريف الخاصة بالسلالم وهى كالآتى، وكما يوضح الشكل رقم (50).

- السلم: منشأ يوصل من مستو إلى آخر أعلاه أو أسفله بدرجات ويصعد عليه الراجلين.
- المنحدر: منشأ يوصل من مستو إلى مستو آخر بمستوى مائل يمكن استعماله لمرور ذي العجل.
- السلم البحاري: سلم بزاوية ميل تقارب القائمة (أقرب إلى الوضع الرأسى) ويكون ذا نائمات أو بأسياخ حديد.
- بئر السلم: المكان المتروك في المسقط الأفقي ليشغله السلم.
- الفراغ الأوسط (الفانوس): هو الفراغ الذي يترك بين قلبات السلم.
- الدرجة (العادية): درجة مستطيلة في المسقط الأفقي ولها قائمة ونائمة.
- القائمة: هي المسافة الرأسية بين السطحين العلويين لدرجتين متتاليتين.
- النائمة: هي المسافة الأفقية بين قائمتين متتاليتين.
- الأنف: هي تقاطع القائمة مع النائمة.
- الطرفية: هي الدرجة المتصلة بالبسطة في النهاية العليا للقلبة وهي النائمة.
- البادي: هو أول درجة في القلبة من أسفلها.
- القلبة: هي مجموعة مستمرة من الدرج توصل من مستو إلى آخر.
- البسطة: هي سطح بين قلبتين للراحة في الصعود أو عند الاستدارة بين قلبتين متعامدتين أو متوازيتين.
- الصدفة: هي البسطة الواقعة بمستوى الدور نفسه وتوصل إلى وحدات الدور.
- الفخذ : هو الجز المائل الذي يحمل الدرج.
- خط الميل: هو الخط أو المستوى الذي يوصل بين أنوف الدرج في القلبة.
- مستوى الميل : وهو يوازي بطنية القلبة كما يوازي الكوبستة.
- الدرابزين: هو الحاجز المحيط بالقلبات والبسطات لمنع سقوط مستعملي الدرج ويكون مباني أو خشب أو حديد أو غيرها.
- البرامق (جمع برمق): هو مجموعة قوائم رأسية تحمل الكوبستة.
- الكوبستة: هي مقبض لليد تكون مستمرة أعلا الدرابزين.
- بطنية (القلبة أو الدرجة) : هو السطح السفلي للقلبة أو الدرجة.

- المروحة : هي الدرجة المسلوبة من إحدى نهايتها.

شكل رقم (50) الاصطلاحات والتعاريف في السلالم

11-2- شروط تصميم السلم:

يتوقف التصميم الجيد للسلالم على مدى مطابقته لأبعاد الإنسان العادي وحركته في الصعود والنزول.

ويجب عند تصميم السلم أن تراعى الشروط الآتية:

- أن تكون جميع المواد المستعملة صلبة ومتينة، وأن تكون المصنعيات أجود ما يمكن.
- أن تكون المواد المستعملة للتكسيات مأمونة ضد الانزلاق أو أن تستعمل نائمات أو أنوف خاصة لمنع الانزلاق في حالة عدم أمن هذه التكسيات.
- أن تكون النسبة بين القائمة والنائمة متمشية مع القواعد المعمول بها (يجب ألا تقل زاوية الميل عن 25 درجة وألا تزيد عن 35 درجة بالنسبة للدرج) وذلك حسب المعادلة الآتية:

ق + ن = 60 − 62 سم

حيث: ق = ارتفاع القائم، ن = عرض النائمة

مع مراعاة ألا تزيد عرض النائمة (ن) عن 30 سم ولا تقل عن 27 سم وألا يقل ارتفاع القائمة عن 15سم ولا تزيد عن 18 سم أما في سلالم الخدمة فيمكن أن تصل زاوية الميل إلى 45 درجة بحيث تتساوى القائمة في الدرجة وتصبح تقريباً 20 سم.

- يجب ألا تزيد عدد الدرج في القلبة الواحدة عن 14 قلبة، وقد يزيد العدد في الأدوار الأرضية أو المسروقة أو للضرورة المعمارية القصوى.
- يجب أن تكون قائمات ونائمات نفس القلبة بمقاسات ثابتة وتتبع نفس القاعدة بالنسبة للدرج في جميع قلبات الدور الواحد من الأدوار المتكررة، ومن الأفضل (كلما أمكن) تثبيت نفس المقاسات للسلم بالكامل في جميع الأدوار، كما يجب أن يكون مسقط السلم في الأدوار المتكررة ثابتاً (غالباً).
- يمكن تغيير عرض القلبة فقط في الدور الأرضي، بينما يجب أن تظل ثابتة في الأدوار المتكررة.
- يجب أن يكون عرض البسطات والصدفات أكبر من عرض القلبات، وأن تكون الصدفة (بسطة الدور) أعرض من البسطات الوسطى.
- يجب أن يكون السلم جيد الإضاءة والتهوية، ويلاحظ في السلالم ذات الدرابزينات المصمتة أنها تحتاج فتحات إضاءة أوسع منها في السلالم التي درابزيناتها مفتوحة أو ذات برامق.

- ويجب مراعاة تثبيت الدرابزين جيدا ليتحمل الضغوط الجانبية، كما يجب عمل المقابض (الكوبستات) للاعتماد عليها عند الصعود والنزول، وأن يضم السلم العريض جداً بدرابزينات وسطى لتحديد اتجاه الصعود والنزول وذلك لزيادة كفاءة الدرج.
- الدرج المراوح يتسبب في الحوادث وعلى الأخص في السلالم الرئيسية ولهذا يجب تجنبه (ما أمكن)، ويعتمد عليها فقط في حالة الضرورة القصوى.
- يجب أن تكون مواد وطريقة الإنشاء مناسبة للغرض من إنشاء الدرج فمثلا من المعتاد استعمال الدرج الحديد بسلالم التخديم والدرج الباذنجانة في السلالم العادية، ويجوز أن تعمل كسوة رخام أو موزايكو على درج مسلح مخلق قائمة ونائمة بقاع مستوى أو مدرج حسب الحالة.
- يجب مراعاة جميع الاشتراطات الخاصة بالحريق سواء في توزيع السلالم على الأجزاء المختلفة بالمبنى أو في السلالم نفسها.

ويتكون السلم من قلبة واحدة أو قلبتين أو ثلاثة قلبات وبعض السلالم تتكون من أربعة قلبات، وقد يكون السلم في مسقطه الأفقي دائري أو بيضاوي، أنظر الشكل رقم (51).

11-3- مثال لتصميم سلم:

يمكن حل السلم بتحديد عدد القلبات والبسطات ومقاساتها والقائمة والنائمة وبعدها يمكن رسم السلم وسوف نعرض مثال لحل بئر سلم بمسقط أفقي وارتفاع محدد.

المطلوب:

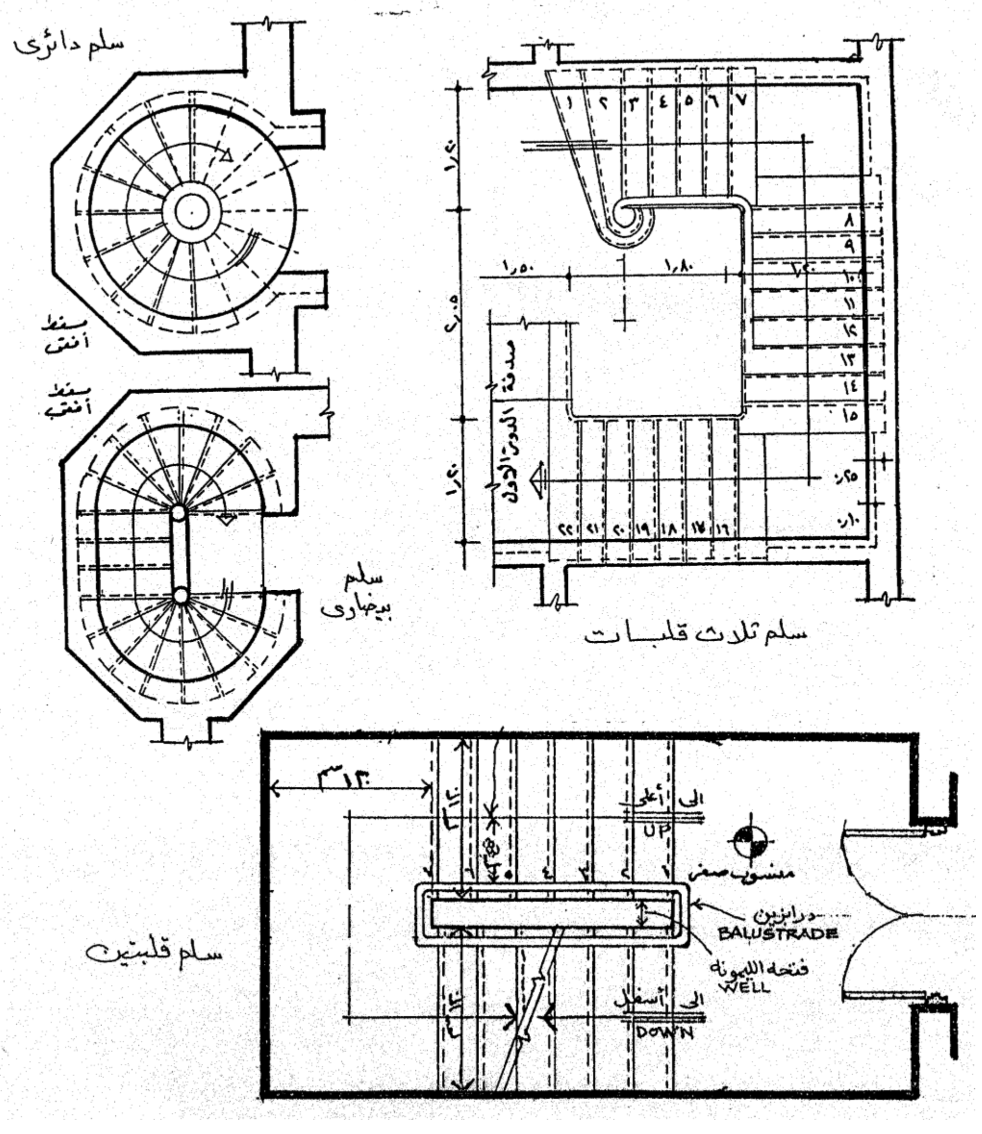
تصمم سلم قلبتين لمبنى ارتفاع الدور النظيف 3.10 متر والأبعاد الداخلية لبئر السلم 5.50 × 3.00 متر.

خطوات الحل:

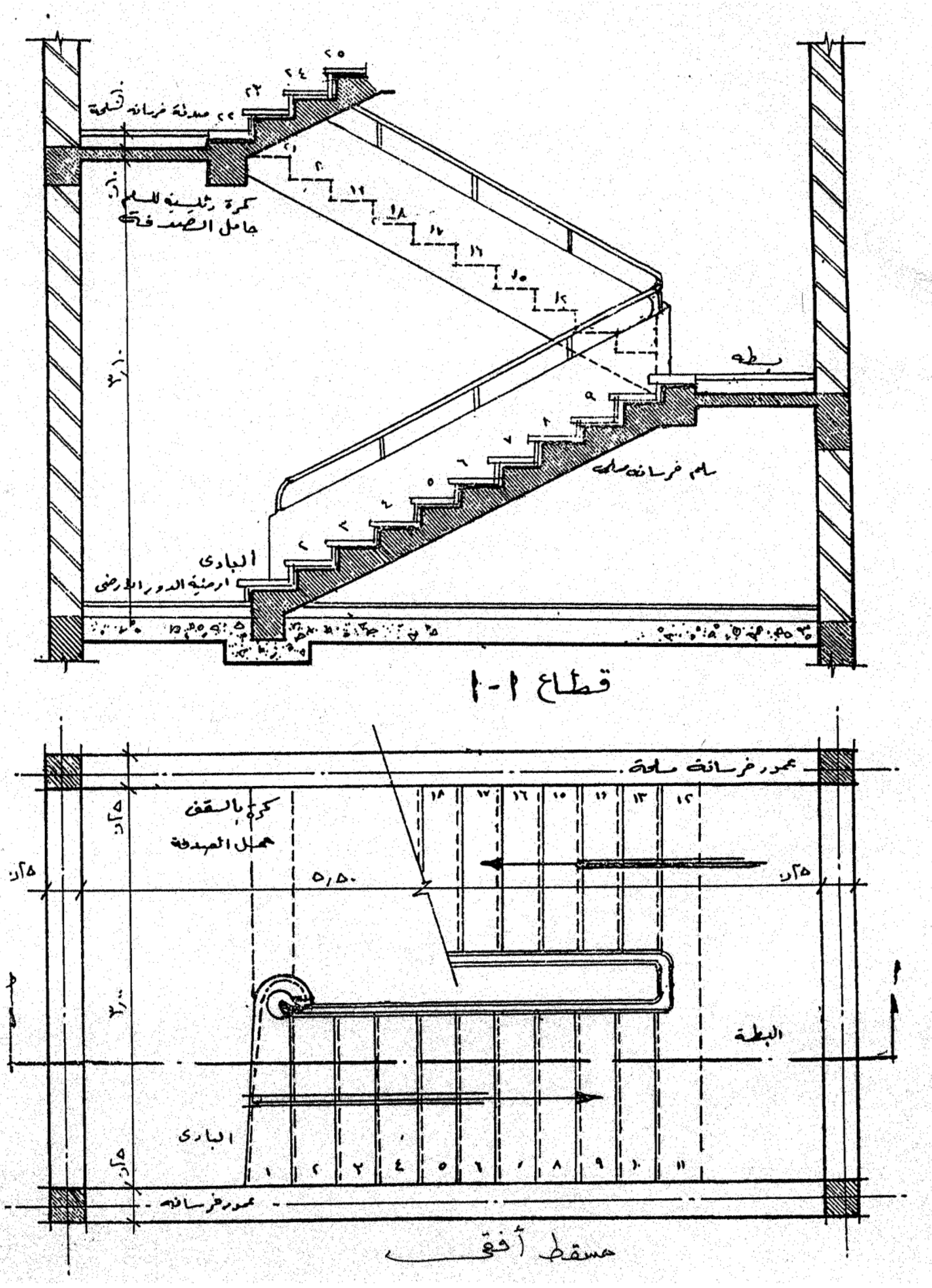
- ارسم كروكي المسقط والقطاع الرأسي محددا عليه موقع الصدفة (بسطة الدور).
- افرض القائمة (ق) = 0.30 متر، والنائمة (ن) = 0.15 متر.
- الارتفاع من منسوب الأرضية حتى أرضية الدور الذي تليه = 3.10 + 0.20 = 3.30 متر
- عدد القوائم = 3.30 ÷ 0.15 = 22 قائمة
- عدد القوائم في القلبة الواحدة = 22 ÷ 2 = 11 قائمة
- عدد النوائم في القلبة الواحدة = 11 – 1 = 10 قوائم
- طول قلبة السلم (ل) = 10 × 0.30 = 3.00 متر
- الجزء المتبقي من طول بئر السلم = (عرض الصدفة + عرض البسطة)

= 5.50 – 3.00 = 2.50 متر.

- أفرض عرض الصدفة = 1.30 متر.
- عرض البسطة = 2.50 – 1.30 = 1.20 متر
- عرض قلبة السلم (أكبر من أو يساوي عرض البسطة) = 1.20 متر
- عرض فانوس السلم = عرض بئر السلم – [(عرض البسطة×2) – (سمك الكوبستة × 2)]
- عرض فانوس السلم = 3.00 – [(1.20 × 2) + (0.12 × 2)] = 0.36 متر.
- أرسم المسقط الأفقي للسلم والقطاع الرأسي كما هو موضح بالشكل رقم (52).



شكل رقم (51) عدد قلبات السلم



شكل رقم (52) المسقط الأفقي والقطاع الرأسي للسلم (حل المثال)

المراجـع:

1. Callender, John H., and De Chiara J., Time Saver Standards for Architectural Data, McGraw Hill Book Company, New York, (1974).
2. عبد اللطيف أبو العطا البقري، مهندس، "الموسوعة الهندسية لإنشاء المباني والمرافق العامة"، الطبعة الثالثة، دار ماجد للطباعة، القاهرة، (1984م).
3. عصام الدين محمد علي، دكتور، "محاضرات الإنشاء المعماري لطلبة الفرقة أولى عمارة ومدني"، محاضرات غير منشورة، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، (1998م).
4. على أحمد رأفت، دكتور، "فن العمارة والخرسانة المسلحة"، مؤسسة فرانكلين للطباعة والنشر،القاهرة – نيويورك، (1970م).
5. فاروق عباس حيدر، (دكتور)، "الموسوعة الهندسية في تشييد البناء – تشييد المباني"، مركز الدلتا للطباعة، اسبورتنج، الإسكندرية، الطبعة الخامسة، (1997م).
6. كامل عبد الناصر أحمد، دكتور، "مقرر الإنشاء المعماري لطلبة الفرقة الأولى عمارة ومدني "، الجزء الأول، محاضرات غير منشورة، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، (1985م).
7. محمد عبد الله، دكتور، "إنشاء مباني – تكنولوجيا البناء"، مطبعة جامعة القاهرة والكتاب الجامعي، القاهرة، (1983م).
8. الصندوق الاجتماعي للتنمية، "تنفيذ وصيانة المباني بأساليب العمالة المكثفة"، الجزء العاشر، رئاسة مجلس الوزراء، (2001م).
9. أنيس جواد سلمان، مهندس، "تركيب المبانى–الجدران الحاملة وتفاصيلها المعمارية"، الشركة العراقية للطباعة الفنية المحدودة، بغداد، (1988م).
10. نادى مصطفى عبد الكريم، مهندس، تأثير استخدام دراسات الجدوى الفنية وإدارة المشروعات على تطوير سياسات الإسكان لذوى الدخل المحدود في مصر، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة جامعة أسيوط، (1991م).